Environment Canada
Environnement Canada
e de la
tion de
nnement

National Inventory of Sources and Emissions of Lead (1978)

Canada

Economic and Technical Review
Report EPS 3-EP-83-6

Environmental Protection Programs Directorate
November 1983

44 48 50

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Economic and Technical Review Reports relate to state-of-the-art reviews, library surveys, industrial inventories, and their associated recommendations where no experimental work is involved. These reports are undertaken either by an outside agency or by the staff of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes, and Protocols; Policy and Planning; Technology Development; Surveillance; Training Manuals; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and, Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

NATIONAL INVENTORY OF SOURCES AND EMISSIONS OF LEAD (1978)

by

Wilfrid Jan and Arthur Sheffield
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

EPS 3-EP-83-6
November 1983

Notice

Any comments concerning the contents of this report should be directed to:

Mr. Arthur Sheffield
Program Management Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1C8

© Minister of Supply and Services Canada 1983
Cat. No. En 48-3/83-6E
ISBN 0-662-52793-3
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

Atmospheric emissions of lead from various Canadian sources have been estimated for the year 1978. The data presented in this report are summarized in Table 1. Emissions are expressed in this report as tonnes of lead emitted. It should be noted, however, that emissions occur not only as elemental lead, but in various compound forms.

Total lead emissions into the atmosphere in 1978 were estimated at 14 534 tonnes. The largest contributor was, as in the 1970 inventory, the gasoline-powered motor vehicle for on-road and off-road uses, which accounted for 63.0% of the total. However, the magnitude of lead emissions from this sector has declined since 1970 (from 12 780 tonnes to 9 154 tonnes) as a result of the increased use of lead-free gasoline and the implementation of regulation of fuel additives in gasoline by Environment Canada. Production of primary copper and nickel accounted for 16.0%, and mining, milling and concentrating of lead-bearing ores for a further 6.6% of the lead emissions in 1978.

TABLE I SUMMARY OF LEAD EMISSIONS BY PROVINCE AND SECTOR, 1978 (TONNES)

	Nfld.	P.E.I.	N.S.	N.B.	Que.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	B.C.	Yukon N.W.T.	Total Canada	% Total
A./INDUSTRIAL PROCESSES:													
Mining, Milling & Concentrating of Lead-bearing Ores	25			223	2	32	2			239	440	963	6.6
Primary Lead Production[a]												70	0.5
Primary Zinc Production[a,b]												12	0.1
Primary Copper & Nickel Production[a]												2330	16.0
Secondary Lead Smelting Industry					c	12	3		d	d		15	0.1
Brass & Bronze Foundries					3	9				1		13	0.1
Metal Fabricating Industries	< 1	Neg.	1	< 1	9	21	1	1	3	4		40	0.3
Metallurgical Coke Production			Neg.			2		Neg.		Neg.		2	< 0.1
Primary Iron and Steel Production			110		272	321	12	59	16	16		806	5.6
Ferroalloys					17	Neg.						17	0.1
Ferrous Foundries	Neg.	Neg.	1	5	40	200	3	< 1	11	7		267	1.8
Cement Manufacture	< 1		< 1	< 1	16	1	3	1	2	< 1		23	0.2
Lead Glass Production				< 1	2	6			1	1		10	0.1
Storage Battery Production			1		4	14	2		2	2		25	0.2
Lead Alkyl Manufacture						57						57	0.4
Lead Oxides and Pigment Production	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	< 1	< 1	Neg.	Neg.	Neg.	< 1		< 1	-
B./FUEL COMBUSTION-STATIONARY SOURCES:													
Power Generation	< 1	<1	2	2	Neg.	3	< 1	3	2	Neg.	Neg.	13	0.1
Residential Fuel Combustion	Neg.	Neg.	< 1	Neg.	1	1	Neg.	Neg.	Neg.	< 1	Neg.	2	< 0.1
Commercial Fuel Combustion	Neg.	Neg.	< 1	< 1	1	1	Neg.	Neg.	Neg.	< 1	Neg.	3	< 0.1
Industrial Fuel Combustion	1	Neg.	1	1	4	3	< 1	< 1	Neg.	1	Neg.	12	0.1
C./TRANSPORTATION SOURCES:													
Gasoline-Powered Motor Vehicels and Off-Road Use of Gasoline	134	48	300	278	2171	3208	422	301	1030	1017	25	9134	63.0
Aircraft	7	6	17	4	31	176	19	12	34	43	13	362	2.5
D./SOLID WASTE INCINERATION:													
Municipal Refuse Incineration					82	16	13	4		4		119	0.8
Sewage Sludge Incineration						1		Neg.		Neg.		1	< 0.1
Waste Oil Incineration		<1	8	11	66	66	7	Neg.	Neg.	Unknown		158	1.1
E./MISCELLANEOUS SOURCES:													
Gasoline Marketing	2	<1	3	1	21	15	3	4	5	6	< 1	60	0.4
TOTAL[e]	189	54	444	525	2742	4165	490	583	1106	1341	478	14534	
% TOTAL[e]	1.6	0.5	3.7	4.3	22.6	34.4	4.0	4.8	9.1	11.1	3.9		100.0

a - No provincial emissions are given in order to maintain individual plant confidentiality.
b - One plant is included with primary lead production, while another plant is included with primary copper & nickel production.
c - Included in total for Ontario to maintain confidentiality.
d - Included in total for Manitoba to maintain confidentiality.
e - Provincial totals and % totals do not include emissions from non-ferrous smelters.

Neg. - Negligible

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		i
LIST OF TABLES		v
1	INTRODUCTION	1
1.1	Scope	1
1.2	Natural Occurrences of Lead	1
1.3	Properties and Uses of Lead	1
1.4	Flow of Lead Through the Canadian Economy in 1978	3
2	EMISSIONS FROM INDUSTRIAL PROCESSES	5
2.1	Mining, Milling and Concentrating of Lead-bearing Ores	5
2.2	Primary Lead Production	5
2.3	Primary Zinc Production	6
2.4	Primary Copper and Nickel Production	6
2.5	Secondary Lead Smelting Industry	6
2.6	Brass and Bronze Foundries	7
2.7	Metal Fabricating Industries	7
2.8	Metallurgical Coke Production	8
2.9	Primary Iron and Steel Production	8
2.10	Ferroalloys	9
2.11	Ferrous Foundries	10
2.12	Cement Manufacture	10
2.13	Lead Glass Production	10
2.14	Storage Battery Production	11
2.15	Lead Alkyl Manufacture	12
2.16	Lead Oxides and Pigment Production	13
3	EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION - STATIONARY SOURCES	14
4	EMISSIONS FROM TRANSPORTATION SOURCES	15
4.1	Gasoline-Powered Motor Vehicles and Off-Road Use of Gasoline	15
4.2	Aircraft	15
4.3	Gasoline Outboard Motors	16
5	EMISSIONS FROM SOLID WASTE INCINERATION	17
5.1	Municipal Refuse Incineration	17
5.2	Sewage Sludge Incineration	17
5.3	Waste Oil Incineration	17

		Page
6	EMISSIONS FROM MISCELLANEOUS SOURCES	20
6.1	Pesticide Application	20
6.2	Wood Combustion	20
6.3	Gasoline Marketing	20
7	COMPARISON WITH 1970 LEAD INVENTORY EMISSIONS	22
REFERENCES		23
BIBLIOGRAPHY		27

LIST OF TABLES

Table		Page
1	SUMMARY OF LEAD EMISSIONS BY PROVINCE AND SECTOR, 1978	ii
2	PROPERTIES OF ELEMENTAL LEAD	2
3	USES OF SELECTED LEAD COMPOUNDS	3
4	LEAD CONSUMPTION BY CANADIAN INDUSTRY, 1978	4
5	LEAD EMISSIONS FROM METAL FABRICATING INDUSTRIES, 1978	8
6	CONCENTRATION OF LEAD IN THE DUSTS EMITTED FROM IRON AND STEEL FURNACES	9
7	LEAD EMISSIONS BY FUEL TYPE AND BY USE, 1978	14
8	WASTE OIL BUDGET, 1978	18

1 INTRODUCTION

1.1 Scope

The objective of this study was to identify and quantify sources of atmospheric emissions of lead in Canada for the year 1978. This study, an update of the inventory prepared for the base year 1970, attempts to assess the impact of regulatory activity in Canada.

Data contained in this report were obtained from information supplied by knowledgeable individuals, from scientific literature, from government reports, from Statistics Canada publications and from data developed during the previous inventory study. The lead emissions determined from the available data are the best approximations possible and give a good indication of the magnitude of emissions in Canada for 1978.

Emissions are expressed in this report as tonnes of lead, although lead emissions occur not only as elemental lead, but in various compound forms.

1.2 Natural Occurrences of Lead

The three most important lead minerals are: galena (lead sulphide), cerussite (lead carbonate) and anglesite (lead sulphate). The most abundant lead ore, and of greatest commercial importance in Canada, contains galena, a silvery-coloured mineral. Frequently, galena is associated with sphalerite, the principal zinc mineral. Accordingly, the metals lead and zinc are often recovered together, along with smaller amounts of copper and silver.

Lead is found in uranium deposits as a product of radioactive decay. Small quantities of lead enter the atmosphere through soil suspension, in volcanic halogen aerosols and silicate smoke, in forest fire smoke and in sea salt aerosols (1).

1.3 Properties and Uses of Lead

Lead, a member of sub-Group IV A of the periodic table of elements, is a soft, dense metal with a bluish-gray color. Its surface oxidizes readily; this oxide coating protects it from corrosion and wear. Freshly cut lead not yet oxidized has a silvery color. Finely divided lead powder is pyrophoric. The physical properties of elemental lead are shown in Table 2.

Lead's high density (11.3 g/mL), its softness, and relatively low melting point (327°C) enable easy forming of a variety of shapes and casting of alloys. These physical

TABLE 2 PROPERTIES OF ELEMENTAL LEAD (2)

Atomic weight	207.19
Atomic number	82
Valences	2 and 4
Crystal structure	Face centred cubic
Specific gravity 20°C	11.34
Specific heat (J/kg) 20°C	128.12
Vapor pressure (kPa) 1611°C	53.3
Viscosity (Pa•s) 844°C	1.19×10^{-4}
Melting point (°C)	327.43
Boiling point (°C)	1740
Latent heat of fusion (J/kg)	24.53×10^3
Latent heat of vaporization (J/kg)	849.9×10^3
Thermal conductivity (W/(m•°C)) 20°C	34.75
Electrical resistivity (micro-ohm/cm) 20°C	20.65
Modulus of elasticity (10^6 kPa)	3.127
Brinell hardness (cast)	4.2

characteristics account for the numerous uses of lead, including ammunition, bearings, cable covering, pipe caulking, collapsible tubes, foils, solders, and type metals (2).

Lead compounds also have a wide diversity of uses. Some of the uses of lead compounds are listed in Table 3 (3).

Lead is resistant to sulphuric, sulphurous, phosphoric and chromic acids, but it can be moderately attacked by hydrochloric and hydrofluoric acids. It is strongly corroded by nitric, acetic and formic acids and moderately affected by organic chlorides and aqueous solutions of metal chlorides. In the presence of oxygen, most organic acids react with lead to form the corresponding organolead salts (2).

TABLE 3 USES OF SELECTED LEAD COMPOUNDS (3)

Compound Name	Chemical Formula	Usages
Lead arsenate	$PbAsO_4$	Insecticides, Veterinary medicine
Basic lead chromate Lead chromate	$PbO \cdot PbCrO_4$ $PbCrO_4$	Pigment, Decorating China and Porcelain (enamel), Fabrics
Lead monoxide (Litharge)	PbO	Ointments, Plasters, Glaze, Flux, Pigments, Analytical reagent, Driers in paints
Lead silicate (Silicate frit)	$PbO \cdot SiO_2$	Glass, Ceramics
Lead sulphate	$PbSO_4$	Pigments, Batteries, Lithography, Fabrics
Lead tetroxide (Red lead)	Pb_3O_4	Pigments, Dyes, Chemicals, Curing agents (rubber substitute), Pyrotechnics
Tetraethyl lead Tetramethyl lead	$Pb(C_2H_5)_4$ $Pb(CH_3)_4$	Gasoline anti-knock additives, Organic Mercury Pesticides Manufacture, Filling of Geiger Counters

1.4 Flow of Lead Through the Canadian Economy in 1978

In 1978, Canada produced 319 809 tonnes of lead with the majority coming from B.C., Yukon, N.W.T. and New Brunswick.

Milling of recovered ores produced concentrates of 11% to 76% lead. Concentrates were either exported or shipped to Trail, British Columbia, or Belledune, New Brunswick, for smelting.

Most lead produced was exported. Approximately 143 000 tonnes of lead were exported in ore or concentrate form, and an additional 158 316 tonnes were exported as lead metal, materials and scrap (4). Lead consumption by Canadian industry in 1978 was estimated at 131 615 tonnes, as shown in Table 4 (5).

TABLE 4 LEAD CONSUMPTION BY CANADIAN INDUSTRY, 1978 (TONNES)

Industry	Primary Lead	Secondary Lead	Antimonial Lead	Total
Battery Manufacture	45 680	5 989	27 599	79 268
Lead Compound Manufacture[a]	15 834	5 911	-	21 745
Semi-finished Products[b]	3 818	559	2 686	7 063
Solders	1 441	4 410	319	6 170
Alloys (babbitts, type metals, etc.)	488	3 407	30	3 925
Cable Covering	618	405	106	1 129
Antimonial Lead	491	6 789	-	7 280
Copper-alloys	119	196	1	316
Other Uses	3 199	1 388	132	4 719
TOTAL	71 688	29 054	30 873	131 615

a Includes paint, pigments and tetraethyl lead.
b Includes foil tubes, ammunition, pipe and sheet.

2 EMISSIONS FROM INDUSTRIAL PROCESS

2.1 Mining, Milling and Concentrating of Lead-bearing Ores

Lead ores are mined, crushed, screened and ground. Lead minerals are separated from other minerals by flotation and concentrated in a thickener or filter. The resulting concentrates are then usually dried.

Lead emissions from mining operations are generally caused by drilling and blasting of the ore, and machine loading of the ore onto trucks for transportation to the mill. Good mining techniques and equipment maintenance, as well as rock wetting, are the primary means of controlling these lead emissions.

A list of principal lead mine producers was obtained together with each mine's lead content in all concentrates (4). For each mine, the type of operation (open-pit or underground) was identified (6). Controlled lead emissions from open-pit mining were 1.025 kg lead/tonne lead processed, while the operations from underground mining generated 1.0125 kg lead/tonne lead processed (7). Based on the appropriate emission factors, lead emissions from mining of ores were estimated at 397 tonnes for 1978.

Atmospheric emissions of lead from milling are generated while conveying and crushing the ores, drying and transporting the concentrates and disposing of the tailings. Lead emissions also occur from grinding and flotation operations but are very small since these are wet operations. For maximum recovery of valuable minerals, various types of control equipment are used in the mills to control the emissions.

Based on a total emission factor of 1.45 kg of lead emitted per tonne of lead processed (7), the lead emissions from milling and concentrating operations were estimated at 566 tonnes for 1978.

Total lead emissions from mining, milling and concentrating of lead-bearing ores were estimated at 963 tonnes for 1978.

2.2 Primary Lead Production

Lead is extracted from the lead concentrate by first partially oxidizing the concentrate in a sinter plant. The partially roasted concentrate is then smelted in a blast furnace where lead sulphide is first oxidized to lead oxide, lead sulphate and sulphur dioxide. The lead oxide and lead sulphate then react with carbon, producing impure lead metal, carbon dioxide, sulphur dioxide and a slag. The lead is further refined by electrolysis or chemical precipitation. Generally a high degree of particulate emission control is used in smelting operations.

There were two smelters producing 219 450 tonnes of lead metal from concentrate in Canada in 1978 (8). Total lead emissions from primary lead production in 1978 were estimated at 70 tonnes (9, 10). Emissions data for one of these lead smelters were those of 1980, but were assumed to be representative of the situation for 1978.

2.3 Primary Zinc Production

Zinc is produced from a combined lead-zinc ore, and some lead is retained in the separated zinc concentrate. Zinc is extracted by roasting and sintering the oxide. The oxide, or calcine, is then leached with sulphuric acid. Impurities such as cadmium and other metals are precipitated from the zinc sulphate solution. Zinc is recovered from the purified solution by electrolysis. Zinc cathodes are melted and cast into ingots. Potential emission sources are roasting and sintering, electrolysis and zinc smelting furnace. The industry generally maintains effective dust control by using baghouses and electrostatic precipitators.

Total lead emissions from primary zinc production in 1978 were estimated at 12 tonnes (9).

2.4 Primary Copper and Nickel Production

Lead emissions are produced primarily during roasting, smelting and converting of copper and nickel concentrates. In the roasting of concentrates, about half of the sulphur is driven off as sulphur dioxide and some of the iron is oxidized. The resulting material, known as calcine, is fed into a smelting furnace along with a siliceous flux and melted to form two immiscible layers, an iron silicate slag, and solution of molten sulphides (matte). In converting, air is blown through the matte and additional sulphur is driven off the sulphide melt and the remaining iron is oxidized. The matte is reduced to the crude (impure) metals (copper or nickel) which are further refined. Notable lead emissions to the atmosphere are associated with the particulate matter escaping from the control equipment used for these operations.

Total lead emissions from the copper and nickel smelters were estimated at 2330 tonnes for 1978 (9, 10, 11).

2.5 Secondary Lead Smelting Industry

A secondary lead smelter is defined as "any plant or factory in which lead-bearing scrap or lead-bearing materials, other than lead-bearing concentrates derived from a mining operation, is processed by metallurgical or chemical process into refined lead, lead alloys or lead oxide" (12). To achieve this end, various furnaces are employed

including blast, reverberatory and kettle-type furnaces. Processes which use some or all of these furnace types include storage battery production, lead alkyl manufacture, the manufacture of collapsible tubes, ammunition and plumbing equipment, coating of electrical cables, and the casting, grinding and machining of such lead alloys as brasses and bronzes in foundries, etc. The emissions from these processes are estimated in their respective sections. What is considered in this Section is the secondary lead recovery from products such as battery plates, cable sheathing, type metal and various slags and drosses (7, 13).

There were eight secondary lead smelters (recovery plants) in Canada in 1978, with dusts well controlled by baghouses. Typical lead emission factors for these facilities ranged from 0.10 kg/tonne of Pb processed to 0.30 kg/tonne. Based on these emission factors and the lead production figures from each recovery plant, total lead emissions from secondary lead smelting industry were estimated at 15 tonnes for 1978 (9).

2.6 Brass and Bronze Foundries

Brass and bronze are copper alloys with alloying components of zinc, tin, aluminum, silicon and lead. Larger foundries generally use reverberatory, rotary and electric induction furnaces. Smaller foundries melt the metals in crucible-type furnaces. The lead emissions from brass and bronze foundries vary with the type of furnace, the composition of lead in the alloy (ranging from 0.02% to 25%), pouring temperature and the foundry maintenance (14, 15).

Reliable data to estimate the lead emissions from brass and bronze foundries were not available. However, based on the 57 383 tonnes of brass and bronze ingots produced in Canada (16) and prorated using estimated lead emissions in the U.S.A. (17), lead emissions were calculated to be 13 tonnes with about 70% of the total from Ontario.

2.7 Metal Fabricating Industries

Besides brass and bronze foundries, many plants in Canada use lead and lead alloys to produce a variety of metal goods. Common operations include the production of lead alloys, manufacture of collapsible tubes, ammunition, pipes and sheets, coating of electrical cables, and soldering of metal products.

Emissions in the form of lead oxides and metallic dusts result from melting, casting and fabricating operations, and are presented in Table 5. The provincial emissions of lead from metal fabricating industries are estimated based on the number of establishments in each province (18).

TABLE 5 LEAD EMISSIONS FROM METAL FABRICATING INDUSTRIES, 1978

Product	Lead Usage (tonnes)[a]	Emission[b] Factor (kg/tonne)	Emissions (tonnes)
Semi-finished products	7 063	2	14
Solders	6 170	0.13	1
Alloys (babbitts, type, etc).	3 925	2	8
Cable Covering	1 129	2	2
Antimonial Lead	7 280	2	15
TOTAL	25 567		40

a See Table 4.
b See reference 7.

2.8 Metallurgical Coke Production

Coke is the residue from the destructive distillation of bituminous coal. About 95% of the coke produced in Canada is from by-product coke ovens.

The amount of coal used in the manufacture of metallurgical coke was 7 337 000 tonnes in 1978 (8). The concentration of lead in the different types of coal utilized for coke production varies from 1.5 ppm (Nova Scotia) to 14.0 ppm (Saskatchewan) (19, 20, 21, 22). Assuming 5% of the lead content in the coal was emitted (20), lead emissions from metallurgical coke manufacturing were estimated at 2 tonnes.

2.9 Primary Iron and Steel Production

Iron and steel manufacturing processes consist of sequential operations of 1) coke production, 2) pig iron manufacture in blasts furnaces, 3) steel-making using open hearth, basic oxygen and electric arc furnaces, 4) rolling mill operation, and 5) finishing operations.

In the sintering process, flue dust and other iron ore fines from processing are converted into a useful blast furnace charge. The blast furnace process removes impurities in the iron ore. Iron ore, coke and limestone are charged and allowed to react with large amounts of hot air to produce molten iron.

In the open hearth process for making steel, a mixture of scrap iron, steel and pig iron is melted in a shallow rectangular basin or "hearth" for which various fuels provide heat. Impurities are removed as slag. In the basic oxygen process, pure oxygen is

used to oxidize impurities in a charge composed of approximately 70% blast furnace metal and 30% scrap metal. The electric furnace is used primarily to produce special alloy steel or to melt large amounts of scrap metal.

High-temperature production of iron and steel from furnace operations results in the release of impurities (containing lead) to the atmosphere. The composition of lead evolved in the particulate matter depends on the type of furnace and operating practice. Based on the total particulate matter emitted from iron and steel plants (8), and the concentration of lead in the particulate matter emitted from the furnaces as shown in Table 6 (23, 24), total lead emissions from iron and steel production were estimated at 806 tonnes for 1978.

TABLE 6 CONCENTRATION OF LEAD IN THE DUSTS EMITTED FROM IRON AND STEEL FURNACES

Iron Production	
Iron Sintering	1.5%
Blast Furnace	0.02%
Electric Furnace	1.5%
Steel Production	
Basic Oxygen Furnace	1.4%
Open Hearth Furnace	0.6%
Electric Arc Furnace	2.9%

2.10 Ferroalloys

Ferroalloy is the term applied to alloys consisting of iron and one or more other metals. They are used in steel production as alloying elements and deoxidants. There are three basic types of ferroalloys: silicon-based alloys, manganese-based alloys and chromium-based alloys. In Canada, the majority of these alloys are produced in electric smelting furnaces by the reduction of metallic oxides. Raw material handling, the smelting furnaces and crushing/packaging operations are the major potential emission sources. Particulate and lead emissions vary widely, depending mainly on the ferroalloy being produced, type and operation of furnace, and charge composition. For the purpose of this study, a lead concentration of 650 ppm in the particulate matter was assumed (17).

Based on total particulates emitted from the ferroalloy industry (8), lead emissions were estimated to be 17 tonnes in 1978.

2.11 Ferrous Foundries

Ferrous foundries include iron foundries, which produce gray iron castings, and steel foundries, which produce steel castings. Both types of castings are produced by melting the appropriate metallic charge and flux materials, casting in moulds and finishing. Cupola, electric induction and electric arc are the furnace types normally used for the melting operation. Bag filters and electrostatic precipitators are generally used to control particulate emissions from the furnaces. Steel castings are usually cleaned by shot-blasting prior to finishing by burning and grinding.

Lead is a naturally-occurring trace element in the ferrous materials charged to the furnaces. The lead content of particulate emissions varies depending on the type of foundry melting furnace, the percentage of scrap metal in the charge and the operating temperature. Based on an average lead emission rate of 0.18 kg/tonne of metal melted for cupola furnaces (25), and the amount of metal melted (8), lead emissions from cupola furnaces were estimated at 267 tonnes for 1978. Emissions for electric arc and induction furnaces were significantly less, but cannot be quantified (25).

2.12 Cement Manufacture

Cement is produced by quarrying and crushing limestone, and shale or clay. The raw materials are proportioned, ground and blended using either a wet or dry process. Slurry and dry raw materials are burned in a kiln to form clinker, which is then blended with a small amount of gypsum, ground into fine powder, and stored. Lead is a trace element in the raw materials of both wet and dry processes, and may be released to the atmosphere during processing.

To estimate lead emissions from cement manufacture, particulate emissions (8) were used in conjunction with a lead concentration of 450 ppm in the particulate matter (7, 17), resulting in lead emissions of 23 tonnes for 1978. The province of Manitoba provided its own estimate of lead emissions from its two cement plants (11).

2.13 Lead Glass Production

Glass is produced commercially by melting silica sand, limestone and soda ash in direct-fired, continuous, regenerative furnaces at a high temperature (1540°C). Lead oxide is added to the major ingredients for the production of lead glass. The lead oxide content usually ranges from 12 and 60% by weight of the glass produced, although some

types of glass contain as much as 92% lead oxide (26). Lead oxide glass has a high refractive index and density, high electrical resistivity, and a low softening temperature. Because of these properties, it is useful for radiation shielding, optical glasses and lead crystal glass.

Statistics Canada reported total glass production; however, production of lead glass was unknown for 1978. To estimate the particulate emissions from lead glass production, it was assumed that 3% of the glass produced was leaded glass (17). Based on 1 410 tonnes of particulates emitted from the glass manufacturing industry (8), and taking 23% of lead in particulates as an average composition (17), total lead emissions from lead glass production were estimated at 10 tonnes.

2.14 Storage Battery Production

The largest use of lead in Canada is in the manufacture of storage batteries.

To manufacture a lead-acid battery, grids, the structural part of the lead plates, are first cast by pouring molten lead into the casting machine. These grids supply a conductive path for the electricity produced. The molten antimonial lead is conventionally favored because it produces strong grids. However, other lead alloys such as tin, calcium, cadmium or arsenic are presently being used, since antimony reacts with the sulphuric acid to produce self-discharge in the battery.

After removal from the casting machine, the grids are sent to the pasting operation. Batches of lead sulphate paste are blended by mixing black oxide (i.e., lead oxide containing 20 to 40% metallic lead), dilute sulphuric acid, water and various additives such as wood fiber to add strength. Pasting machines force the stiff mixture into the interstices of the grids (which are referred to as plates).

The plates are then dried and cured for two to three days. After curing, the plates, separated by cellulose insulators, are stacked together into cells and welded with lead to form an electrical connection between the positive and negative plates. These cells are placed in electrolytic baths filled with sulphuric acid and "formed" by passage of electrical current in the dry-charged battery process. The "forming" operation converts the paste to lead peroxide in the positive plate and to lead metal in the negative plate. The cells are removed from the bath, mixed with water, and dried. The dried cells are then assembled in a rubber or polypropylene case. The battery top is cemented on and sealed, and the battery posts are attached. Wet-charged storage batteries are manufactured in a somewhat similar manner, with new acid being added and the battery being boost charged.

Emission sources of lead from storage battery production are grid casting furnaces and machines, paste mixers, plate dryers, and grinding and handling of dry metal and oxide powders prior to their formation into a paste. Dusts may evolve from stacking the dried electrodes plates and lead welding. Normally, these operations are enclosed and vented to the atmosphere through a scrubber, baghouse or ventilation.

In 1978, the number of storage batteries manufactured in Canada was 3 111 000 (27). Based on a lead emission factor of 8 kg/1 000 batteries produced (28), lead emissions from battery manufacturers were estimated at 25 tonnes. Provincial emissions (Table 1) were prorated based on the number of establishments and relative size of shipments in each province (27).

2.15 Lead Alkyl Manufacture

Next to battery manufacturing, the second largest use of lead in Canada is for the manufacture of gasoline antiknock additives. These lead alkyl additives, tetraethyl lead (TEL) and tetramethyl lead (TML), raise the octane number of gasoline, allowing combustion in internal combustion engines to occur without any "knocking".

The initial step in the process is to melt metallic lead and sodium which are then alloyed in a vessel at a ratio of 9 to 1 (based on weight). The alloy is then solidified and conveyed to the autoclaves under a nitrogen atmosphere. Ethyl chloride is then fed to the autoclaves. To increase the reactivity of sodium-lead alloy and ethyl chloride, the reaction is carried out in the presence of a catalyst such as acetone. The chemical reactions involved are:

$$4\ Na + 4\ Pb \longrightarrow 4\ NaPb$$

$$4\ NaPb + 4\ C_2H_5Cl \xrightarrow{\text{catalyst}} \underset{\text{(TEL)}}{(C_2H_5)_4\ Pb} + 4\ NaCl + 3\ Pb$$

Production of TML by the sodium-lead alloy process is similar, except that methyl chloride is used instead of ethyl chloride.

The reaction products are distilled to separate the TEL, which is then purified, and filtered. The antiknock composition also contains an ethylene dichloride/ethylene bromide solution to prevent lead build-up in engines. Residue is sluiced to a sludge pit, from which the bottoms are sent to an indirect steam dryer, and the dried sludge is fed to a reverberatory furnace to recover lead. Recovery of lead is an important economic step,

since only 25% of the lead in the sodium-lead alloy is converted to TEL during the autoclave reaction.

Atmospheric lead emissions from these operations consist of lead particulates from melting and recovering the lead and organic lead vapours from the manufacture, recovery, and storage of alkyl lead compounds.

Two plants in Canada (both located in Ontario) were producing lead alkyl compounds in 1978. Atmospheric lead emissions from these two plants were calculated by the reported amount of lead consumed in lead alkyl manufacture (5), and a lead emission factor derived for each plant (29). Total lead emissions from lead alkyl manufacturing were estimated at 57 tonnes.

2.16 Lead Oxides and Pigment Production

Lead oxide is used primarily in the manufacture of lead-acid storage batteries, but is also useful as a pigment in paints and ceramic glazes. The lead oxides include litharge (PbO), lead dioxide (PbO_2), and red lead (Pb_3O_4). Black oxide, the most widely used form of lead oxide and the exclusive ingredient for lead-acid storage battery production, is merely a mixture of litharge and finely divided metallic lead. Red lead (with lead content less than 95-98%) is the major lead pigment. Other lead pigments include white lead and lead chromates.

Emissions from lead oxide production arise from grinding or melting of lead metal, and product packaging. It is expected that lead emissions are not much different from what existed in 1970, i.e., less than 1 tonne (7).

Pigment dust lost during handling of the dry powder is minimal because it is collected by economic necessity. Once the paint is mixed, further release of lead through the final manufacturing steps and packaging and application of the paint is negligible (7).

3 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION - STATIONARY SOURCES

Stationary fuel combustion sources are grouped under four categories: power generation, residential, commercial and industrial uses. The main types of fuels used are gaseous (natural gas, propane and butane), diesel oils, light oils, heavy oils, kerosene and coal. Of these, the gaseous fuels and diesel oils do not contain lead.

Quantities of fuels consumed for electric power generation, residential, commercial and industrial uses were obtained from Statistics Canada publications and an Ontario Hydro Report (30, 31, 32).

The content of lead in thermal coal varies depending on the type of coal. Concentrations of lead range from 2.8 ppm in New Brunswick to 50 ppm in Nova Scotia (19, 20, 21, 22). Emissions were calculated according to the lead content in coal and by assuming 5% of the lead contained was emitted to the atmosphere during coal combustion (20, 33).

Emissions of lead from oil combustion were based on a lead emission factor of 0.5 (Pb) kg /litre of oil consumed, where Pb is the lead content of oil in ppm by weight (28). For heavy fuel oil, Pb is equal to 2.5 ppm and for light fuel oil, Pb is equal to 0.25 ppm (34).

Total lead emissions from stationary fuel combustion sources were estimated at 30 tonnes for 1978. The distribution of lead emissions by fuel type and by use is presented in Table 7.

TABLE 7 LEAD EMISSIONS BY FUEL TYPE AND BY USE, 1978

	Emissions (Tonnes)			
	Coal	Heavy Oil	Other*	Total
Power Generation	9	4	Neg.	13
Residential Fuel Combustion	<1	1	1	2
Commercial Fuel Combustion	Neg.	2	1	3
Industrial Fuel Combustion	1	11	<1	12
TOTAL	10	18	2	30

* Other includes light oil, stove oil and kerosene.
Neg. - Negligible

4 EMISSIONS FROM TRANSPORTATION SOURCES

4.1 Gasoline-Powered Motor Vehicles and Off-Road Use of Gasoline

Most vehicles driven on public roads use gasoline as fuel. They include automobiles, trucks, buses, and motorcycles. In addition, gasoline is consumed for off-road purposes, such as agricultural and construction equipment and other industrial uses. Diesel fuel oils consumed by diesel-powered engines do not contain lead.

The use of lead additives in gasoline results in the formation of lead oxide during combustion. Significant amounts of lead in the combustion products are emitted from the exhaust system. Other lead particles are trapped in permanent deposits in the engine, which in part gradually are transferred to the lubricating oil and removed from the vehicle during oil changes (see Section 5.3). Also, some of the lead trapped in the exhaust system gradually flakes off to become additional emissions.

The quantity, chemical form, and particle size distribution of atmospheric emissions of lead from vehicles consuming gasoline will vary according to the type and age of the vehicle, as well as its operating conditions. As an overall average, studies have indicated that about 75% of the lead contained in the gasoline burned by the vehicles will be emitted (7, 35, 36). Using this 75% figure on the amount of lead added to leaded gasoline in 1978 (37), total lead emissions from gasoline-powered vehicles were estimated at 9 154 tonnes. The provincial emissions were obtained by proration on the gasoline consumption data reported in each province (38, 39).

The seasonal distribution of emissions, based on monthly statistics of gasoline consumption (38, 39), can be shown as follows:

December - February	23%
March - May	23%
June-August	28%
September-November	26%

It is expected that the increased market penetration of lead-free gasoline will continue the trend towards reduction of automotive lead emissions.

4.2 Aircraft

Use of lead additives for the prevention of engine "knock" in aviation fuel contributes lead emissions as a result of fuel combustion. Based on the maximum lead content of aviation gasoline of 1.28 g/L (40), aviation gasoline sales data for 1978 (38, 41),

and using the same 75% average loss figure as applied for gasoline-powered vehicles, total lead emissions from aircraft were estimated at 362 tonnes. The province of Manitoba provided its own estimates of lead emissions from aircraft use of gasoline (11).

4.3 Gasoline Outboard Motors

One litre of gasoline is used for outboard motor purposes per 180 litres of gasoline consumed for on-and-off-road uses (42). Based on this ratio and total lead emissions of 9 154 tonnes from gasoline-powered vehicles (see Section 4.1), lead emissions from gasoline outboard motors were estimated at 51 tonnes. However, it was assumed that not all of the lead emissions associated with outboard motors would enter the atmosphere, as they would become underwater exhaust.

5 EMISSIONS FROM SOLID WASTE INCINERATION

5.1 Municipal Refuse Incineration

Municipal incinerators normally have capacities in excess of 50 tonnes per day and are equipped with automatic charging mechanisms and temperature controls. The most common type of municipal incinerator consists of a refractory-lined chamber with a grate upon which refuse is burned. It is usually batch-fed. In some newer incinerators, water-walled furnaces are used. Some pit incinerators are also used for disposal of municipal refuse.

Possible sources of lead in the municipal refuse are solder from tin cans, lead foils, collapsible tubes, and crankcase oils. Normally lead is emitted in the form of particulates. Particulate control in municipal incinerators varies widely. Water sprays (45% efficient), settling chambers or, in newer plants, electrostatic precipitators (95% efficient) were the most common types of air pollution control equipment used. Pit incinerators were largely uncontrolled in 1978.

Lead emissions were calculated using an uncontrolled particulate emission factor of 15 kg/tonne of refuse burned (43), the appropriate control efficiency for each incinerator, and an assumed lead concentration of 3.5% in the total particulates emitted (44). Four plants provided actual lead emission data (11, 44, 45). Total lead emissions from municipal incinerators were estimated at 119 tonnes for 1978.

5.2 Sewage Sludge Incineration

Six municipalities used incineration as the disposal method for sewage sludge in 1978. The three incinerator facilities in Ontario used the multiple hearth furnaces while the other three in Western Canada employed the fluidized-bed type.

Trace amounts of lead have been found in sewage sludge, ranging from 71 ppm to 430 ppm on a dry basis (45, 46). Based on throughput data of sludge incinerated (8), emissions were calculated using lead emission factors of 0.015 kg/tonne of sludge incinerated for multiple hearth furnaces and 1.25 g/tonne of sludge incinerated for fluidized bed furnaces (28). Total lead emissions from sewage sludge incineration in 1978 were estimated at 1 tonne.

5.3 Waste Oil Incineration

Waste oil generally contains oxidation products, sediments, water, and metallic particles resulting from machinery wear. In addition, used automotive lubricants

contain organic and inorganic chemicals. Lead is the principal metallic contaminant found in waste automotive lubricants, originating from leaded gasoline additives, with a typical composition of about 1% by weight (47, 48, 49, 50).

Methods of utilization of waste oil include re-refining, reprocessing, road-oiling, local dumping and sanitary landfill. Some of the waste oil is burned as a supplemental fuel in cement manufacture, and in other industrial and utility applications in order to conserve energy. Information on the quantities of waste oil incinerated was obtained from several reports (51, 52, 53) and through personal contacts (Table 8).

TABLE 8 WASTE OIL BUDGET, 1978 (Kilolitres)

Province	Sales of New Lubricating Oil[a]	Waste Oil Collected	Waste Oil Incinerated
Nfld.	14 876		-
P.E.I.	2 840	390[b]	59[b] (15%)
N.S.	24 567	11 830[c]	1 615[c]
N.B.	24 864	9 151[d]	2 423[d] (27%)
Que.	181 271	136 500[c]	13 650[c]
Ont.	445 458	54 600[c,e]	13 650[c,e]
Man.	38 387	2 876[f]	1 365[f]
Sask.	49 742	Unknown	Negligible[c]
Alta.	118 579	Unknown	Negligible[c]
B.C.	102 052	Unknown	Unknown
Yukon-N.W.T.	4 908		-

a Statistics Canada, Ottawa.
b Reference 51.
c Reference 54.
d Reference 52.
e Reference 53 (p. 23).
f Reference 11.

Lead may be emitted to the atmosphere with the flue gas during waste oil combustion. Lead emissions depend largely on the lead content of the waste oil and operating conditions of the combustion source. Based on a lead emission factor from waste oil combustion of 4.8 (P) g/L of oil consumed (28, 47) where P = 1.0% (% lead in the

waste oil), total lead emissions from waste oil incineration in 1978 were estimated at 158 tonnes.

6 EMISSIONS FROM MISCELLANEOUS SOURCES

6.1 Pesticide Application

Lead arsenate spraying to control a variety of insects in orchards and field crops has been gradually phased out (55, 56); hence possible loss of lead to the atmosphere due to pesticide application is assumed to be nil.

6.2 Wood Combustion

Particulates emitted from fuelwood combustion, wigwam burners, forest fires and slash burning may contain trace amounts of lead. However, reliable information is not available on the concentration of lead in wood to allow an estimate to be made of lead emissions from these activities.

6.3 Gasoline Marketing

Most of the lead emitted to the atmosphere as a result of the use of lead alkyls as anti-knock agents occurs in exhaust gases from internal combustion engines (see Section 4.1). Also, losses of lead alkyls occur in the distribution chain leading to the vehicle gasoline tank: at the refinery, at the transfer terminal, at the bulk station, and finally, at the service station. These losses occur as organic lead in the vapor phase.

Total loss of hydrocarbons from storage tanks within petroleum refineries was estimated at 51 834 tonnes in 1978 (8), or 101.6 million litres by assuming density of condensed vapor at 0.51 kg/L (57). Since only about 77% of gasoline in 1978 was leaded (38), at an estimated average lead content of 0.31 g/L (58), the resulting loss of lead alkyls from storage tanks located at refineries was estimated at 24 tonnes.

Each time gasoline is transferred to fill tanks (including terminal and bulk station tanks, service station tanks and automobile gasoline tanks), hydrocarbon-rich air is displaced by liquid. A gasoline emission factor of 1.48 g/L has been cited (59, 60). By applying this emission factor to gasoline consumption figures (38, 39), and assuming the density of gasoline to be 0.74 kg/L, total gasoline loss was estimated at 73.8 million litres. With 77% of gasoline in 1978 being leaded (38), at an estimated average lead content of 0.31 g/litre (58), the resulting loss of lead alkyls during the filling of tanks was estimated at 18 tonnes. To this must be added the gasoline vapors displaced from the underground tanks when fuel is delivered to the station, estimated to also have about the same emission factor (36), which would double the loss to 36 tonnes.

Total lead emissions from gasoline marketing in 1978 were therefore estimated to be 60 tonnes.

7 COMPARISON WITH 1970 LEAD INVENTORY EMISSIONS

Total lead emissions for each of the two years (1970 and 1978) for which inventories were carried out can be compared only with great difficulty because of different methodologies used to estimate lead emissions from some of the contributing sectors. However, a comparison is attempted below on an individual sector basis.

Federal air pollution control regulations have been implemented for the secondary lead smelting industry and for fuel additives in gasoline. Lead emissions from secondary lead smelters were reduced by 59% between 1970 and 1978. The introduction of lead-free gasoline reduced the lead emissions from automotive exhausts by 28% between 1970 and 1978.

Lead emissions data from various non-ferrous smelters are considered more reliable for 1978 than for 1970, as they were obtained by source testing. Lead emissions from certain sectors have varied only because of a change in production or consumption. These include: mining, milling and concentrating of lead-bearing ores, metal fabricating industries, and cement manufacture. Other sectors where better data have significantly altered the results are: primary iron and steel production (+57%), storage battery production (+88%), aircraft (+62%), municipal refuse incineration (+56%), waste oil incineration (+23%), and gasoline marketing (+86%).

One new sector has been incorporated into the current study: lead glass production. Emissions from this sector are relatively insignificant compared with total emissions (0.1% of the total).

REFERENCES

1. Snyder, R.B. et al., A Study of Environmental Pollution by Lead. Illinois Institute of Environmental Quality Document No. 71-7, Chicago, Illinois, November 1971.

2. Kirk, R.E. and Othmer, D.F., Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 12, 3rd Edition, John Wiley & Sons, N.Y., 1978.

3. Lutz, G.A. et al., Lead Model Case Study - Volume III, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, 1970.

4. Hogan, J.J. and Gauvin, M.J., Lead - 1979, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa.

5. Statistics Canada, Manufacturing and Primary Industries Division, Unpublished Information, May 1980.

6. Canadian Mines Handbook (1979-80), Northern Miner Press Ltd., Toronto, Ontario, July 1979.

7. Environment Canada, National Inventory of Sources and Emissions of Lead (1970), Internal Report APCD 73-7, November 1973.

8. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, Data Analysis Division, Unpublished Information.

9. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, Mining and Mineral Processing Division, Unpublished Information.

10. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, Pollution Measurement Division. Unpublished Information.

11. Manitoba Dept. of Consumer and Corporate Affairs, Environmental Management Division, Air Standards and Studies Section. Unpublished Information.

12. Clean Air Act - Secondary Lead Smelter National Emission Standards Regulations, Canada Gazette Part II, Vol. 110, No. 14, July 1976.

13. Environment Canada, Air Pollution Emissions and Control Technology - Secondary Lead Smelter and Allied Industries, Report EPS-3-AP-75-3, July 1975.

14. Personal Communication, Resources Industries Branch, Department of Industry, Trade and Commerce, Ottawa.

15. Department of Industry, Trade and Commerce, Manual and Directory of the Brass and Bronze Foundries and Ingot Makers in Canada - 1978.

16. Statistics Canada, Copper and Copper Alloy Rolling, Casting and Extruding (1978), Publication No. 41-224.

17. U.S. Environmental Protection Agency, Control Techniques for Lead Air Emissions - Volume II: Chapter 4 - Appendix B, December 1977.

18. Statistics Canada, Manufacturing Industries of Canada: National and Provincial Areas (1978), Publication No. 31-203.

19. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, "Trace Elements in Canadian Coals", Report EPS 3-AP-82-6, 1982.

20. Environment Canada, Coal Study (Draft), December 1980.

21. Trace Element Content of American Coals, Ontario Hydro Report No. 77-156-K, 1977.

22. Trace Element Content of Western Canadian Coals, Ontario Hydro Report No. 80-309-K, 1980.

23. Government-Industry Iron and Steel Task Force, Electric Arc Furnace Subcommittee, 1978.

24. Revised Version of the National Inventory of Sources and Emissions of Lead Report (1970) - Update No. 2, Internal Memo Correspondence, Environment Canada, March 1975.

25. Warda, R.D. and Buhr, R.K., Sampling and Characterization of Cupola Emissions. Energy, Mines and Resources Canada, July 1973.

26. Dietz, E.D., Glass. In: Chemical and Process Technology Encyclopedia, Considine, D.M. Los Angeles, McGraw Hill, Inc., pp. 552-561, 1974.

27. Statistics Canada, Battery Manufacturers (1978), Publication No. 43-208.

28. U.S. Environmental Protection Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Third Edition, Supplement No. 9, March 1979.

29. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, Chemical Sources Division, Unpublished Information.

30. Statistics Canada, Quarterly Report on Energy Supply-Demand in Canada (1978-iv), Tables 1B and 2B, Publication No. 57-003.

31. Statistics Canada, Electric Power Statistics - Volume II (1978), Publication No. 57-202.

32. Estimates of Atmospheric Emissions from Fossil-Fuel-Fired Thermal Generating Stations (1978), Ontario Hydro Report CTS-07120-1, February 1979.

33. Edwards, L.O. et al., Trace Metals and Stationary Conventional Combustion Processes - Project Summary, U.S. Environmental Protection Agency, February 1981.

34. Von Lehmden, D.J. et al., "Determination of Trace Elements in Coal, Fly Ash, Fuel Oil, and Gasoline - A Preliminary Comparison of Selected Analytical Technique". Analytical Chemistry, Vol. 46, No. 2, pp. 239-245, February 1974.

35. U.S. Environmental Protection Agency, Air Quality Criteria for Lead, Health Effects Research Lab, Research Triangle Park, North Carolina, December 1977.

36. U.S. Environmental Protection Agency, The Health and Environmental Impacts of Lead - An Assessment of the Need for Limitations, Office of Toxic Substances, Washington, April 1979.

37. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, Fuel Processes Division, Unpublished Information (Quarterly Report of Lead Additives in Gasoline, 1978).

38. Oil Week - Product Marketing Report, June 18, 1979.

39. Statistics Canada, Road Motor Vehicles - Fuel Sales (1978), Table 5, Publication No. 53-218.

40. Standards Council of Canada - Specifications Board, Gasoline Aviation (Grade 80, 100, 100LL and 115), CAN 2-3.25-77.

41. Statistics Canada, Refined Petroleum Products (1977), Publication No. 45-208.

42. Allied Boating Association of Canada, Toronto, Ontario, Canada, November 1981.

43. U.S. Environmental Protection Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Third Edition, Parts A and B (Including Supplements 1 to 7), August 1977.

44. Environment Canada, Quebec Regional Office, Unpublished Information.

45. Environment Canada, Ontario Regional Office, Unpublished Information.

46. Greenberg, R.R., et al., Atmospheric Emissions of Elements on Particles from the Parkway Sewage-Sludge Incinerator, Environmental Science & Technology, Vol. 15, Number 1, pp. 64-70, January 1981.

47. U.S. Environmental Protection Agency, Control Techniques for Lead Air Emissions - Volume 1: Chapters 1-3, December 1977.

48. U.S. Environmental Protection Agency, Waste Automotive Lubricating Oil as a Municipal Incinerator Fuel, September 1973.

49. U.S. Environmental Protection Agency, Waste Oil Study, Report to Congress, April 1974.

50. U.S. Energy Research & Development Administration, Waste Lubricating Oil Research, Part 4 - A Summary of Composition Variations Among 30 Used Lubricating Oils Selected for Seasonal and Geographical Significance, October 1976.

51. Environmental Associates (P.E.I.) Ltd. An Inventory of Used Lubricating Oil on Prince Edward Island: Sources, Amounts, and Disposal, Charlottetown, P.E.I., September 1978.

52. Acadia Consultants & Inspectors Ltd. Waste Oil Study for The Province of New Brunswick, Moncton, New Brunswick, April 1980.

53. Ontario Ministry of the Environment, Systems of Recovery and Reuse of Used Lubricating Oils: A State of The Art Study, Waste Management Advisory Board, August 1978.

54. Waste Management Branch, Environmental Impact Control Directorate, Environment Canada, Ottawa.

55. Food Production and Inspection Branch, Agriculture Canada, Ottawa, February 1981.

56. CIBA-GEIGY Canada Ltd., Agricultural Division, Mississauga, Ontario, March 1981.

57. American Petroleum Institute, Evaporation Loss From External Floating-Roof Tanks, 2nd Edition, February 1980.

58. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, Lead in Gasoline - Canada, Internal Report, January 1980.

59. Sheppard, W. et. al., The Economic Impact of Environmental Regulations on the Petroleum Industry-Phase II Study, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, 1976.

60. Dougherty, M.J. et. al., Gasoline Vapor Control at Service Stations. Amer. Inst. Chem. Engr. Symposium Series. Vol. 73, 1977.

BIBLIOGRAPHY

Environment Canada, Water Pollution Control Directorate, Experimental Burning of Waste Oil as a Fuel in Cement Manufacture, Report EPS 4-WP-75-1, June 1975.

Environment Canada, Water Pollution Control Directorate, Preliminary Review of Used Lubricating Oils in Canada, Report EPS 3-WP-74-4, June 1974.

Greninger, D. et. al., Lead Chemicals, International Lead Zinc Research Organization, Inc., New York, 1976.

IEA Coal Research, Trace Elements from Coal Combustion-Atmospheric Emissions, London, May 1979.

Illinois Institute for Environmental Quality, Control Technology for Toxic and Hazardous Air Pollutants, December 1974.

International Council of Marine Industry Associations (ICOMIA), Recreation in a Marine Environment (brochure).

National Academy of Sciences, Biologic Effects of Atmospheric Pollutants - Lead: Airborne Lead in Perspective, Washington, D.C., 1972.

National Research Council of Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Lead in the Canadian Environment, Ottawa, 1973.

National Research Council of Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Effects of Lead in the Environment - 1978: Quantitative Aspects, Ottawa, 1979.

Nriagu, J.O. (ed.), Biogeochemistry of Lead in the Environment, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1978.

Ontario Ministry of Health, Effect on Human Health of Lead from the Environment, Toronto, October 1974.

Statistics Canada, Glass and Glass Products Manufacturers (1978), Publication No. 44-207.

Statistics Canada, Primary Iron and Steel (February 1978), Publication No. 41-001.

U.S. Environmental Protection Agency, Coal-Fired Power Plant Trace Element Study, Volume I-A, Three Station Comparison, September 1975.

U.S. Environmental Protection Agency, A Survey of Emissions and Controls for Hazardous and Other Pollutants, February 1973.

U.S. Environmental Protection Agency, A Lead Emission Factor for Re-entrained Dust from a Paved Roadway. Office of Air Quality Planning and Standards, April 1978.

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Inventaire national des sources et des émissions de plomb (1978)

Canada

Analyse économique et technique
Rapport SPE 3-EP-83-6

Direction générale des programmes de protection de l'environnement
Novembre 1983

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports d'analyse économique et technique portent sur les revues de l'état des connaissances, les relèves de bibliothèques, les inventaires industriels ainsi que leurs recommandations connexes dans les cas où celles-ci n'impliquent aucune recherche expérimentale. Ces analyses sont entreprises, soit par un organisme extérieur, soit par le personnel du Service de la protection de l'environnement.

Les autres catégories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords; politique et planification; développement technologique; surveillance; guides de formation; rapports et exposés à des enquêtes publiques et impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, Ontario, K1A 1C8, Canada.

INVENTAIRE NATIONAL DES SOURCES ET DES ÉMISSIONS DE PLOMB (1978)

par

Wilfrid Jan et Arthur Sheffield
Direction générale des programmes de la protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

SPE 3-EP-83-6
Novembre 1983

Avis

Tout commentaire relatif au présent rapport doit être adressé à:

M. Arthur Sheffield
Direction de la gestion des programmes
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de cat. En 48-3/83-6F
ISBN 0-662-52793-3
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

RÉSUMÉ

Les émissions de plomb provenant de diverses sources au Canada ont fait l'objet de quantifications en 1978. Le tableau 1 du présent rapport résume les résultats de cette étude et les exprime en tonnes métriques. On remarquera que les émissions se présentaient non seulement sous forme de plomb élémentaire mais existaient aussi sous forme de composés.

Le total des émissions de plomb dans l'atmosphère se serait chiffré à 14 534 tonnes métriques en 1978. Comme en 1970, les moteurs à essence des véhicules terrestres routiers et non routiers ont constitué la source la plus importante, puisqu'ils constituaient 63 p.100 du total. Toutefois, les émissions de plomb de ce secteur ont diminué quelque peu depuis 1970 (de 12 780 à 9 154 tonnes) sous l'effet de l'utilisation accrue de l'essence sans plomb et de la mise en vigueur par Environnement Canada de règlements sur les additifs de l'essence. La production de cuivre et nickel de première fusion compte pour 16 p. 100, tandis que l'extraction, la préparation et la concentration des minerais plombifères pour 6,6 p. 100 des émissions de plomb de 1978.

TABLEAU 1 RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE PLOMB EN 1978 PAR PROVINCE ET PAR SECTEUR (EN TONNES)

	T.-N.	Î.P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	C.-B.	Yukon T.N.-O.	Total Canada	% du Total
A. PROCÉDÉ INDUSTRIELS:													
Extraction, préparation et concentration des minerais plombifères	25			223	2	32	2			239	440	963	6,6
Production de plomb de première fusion[a]												70	0,5
Production de zinc de première fusion[a,b]												12	0,1
Production de cuivre et de nickel de première fusion[a]												2330	16,0
Industrie du plomb de seconde fusion[a]					c	12	3		d	d		15	0,1
Fonderies de laiton et de bronze					3	9				1		13	0,1
Industries des fabrications métalliques	< 1	Nég.	1	< 1	9	21	1	1	3	4		40	0,3
Production de coke métallurgique			Nég.			2		Nég.		Nég.		2	<0,1
Production de fer et d'acier de première fusion			110		272	321	12	59	16	16		806	5,6
Ferro-alliages					17	Nég.						17	0,1
Fonderies de fer et d'acier	Nég.	Nég.	1	5	40	200	3	< 1	11	7		267	1,8
Fabrication du ciment	< 1		< 1	< 1	16	1	3	1	2	< 1		23	0,2
Production de verre au plomb				< 1	2	6			1	1		10	0,1
Production d'accumulateurs			1		4	14	2		2	2		25	0,2
Fabrication de plomb alcoylé						57						57	0,4
Production d'oxydes et de pigments à base de plomb	Nég.	Nég.	Nég.	Nég.	< 1	< 1	Nég.	Nég.	Nég.	< 1		< 1	-
B. COMBUSTION-SOURCES FIXES:													
Production d'électricité	< 1	<1	2	2	Nég.	3	< 1	3	2	Nég.	Nég.	13	0,1
Utilisations domestiques	Nég.	Nég.	< 1	Nég.	1	1	Nég.	Nég.	Nég.	< 1	Nég.	2	<0,1
Utilisations commerciales	Nég.	Nég.	< 1	< 1	1	1	Nég.	Nég.	Nég.	< 1	Nég.	3	<0,1
Utilisations industrielles	1	Nég.	1	1	4	3	< 1	< 1	Nég.	1	Nég.	12	0,1
C. MOYENS DE TRANSPORT:													
Véhicules routiers et matériels non routiers consommant de l'essence	154	48	300	278	2171	3208	422	901	1030	1017	25	9154	63,0
Aéronefs	7	6	17	4	31	176	19	12	34	43	13	362	2,5
D. INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES:													
Incinération des déchets urbains					82	16	13	4		4		119	0,8
Incinération des boues résiduaires						1		Nég.		Nég.		1	<0,1
Incinération des huiles usées		<1	8	11	66	66	7	Nég.	Nég.	Inconnue		158	1,1
E. SOURCES DIVERSES:													
Mise en marché de l'essence	2	<1	3	1	21	15	3	4	5	6	< 1	60	0,4
Poussières provenant des routes pavées													
TOTAL[e]	189	54	494	525	2742	4165	490	585	1106	1341	478	14534	
POURCENTAGE DU TOTAL[e]	1,6	0,5	3,7	4,3	22,6	34,4	4,0	4,8	9,1	11,1	3,9		100,0

a – Émissions non indiquées pour respecter la confidentialité
b – Une installation est comprise dans la production de plomb de première fusion, et une autre, dans la production de cuivre et de nickel de première fusion.
c – Comprises dans le total de l'Ontario.
d – Comprises dans le total du Manitoba.
e – Le total et le pourcentage du total pour chaque province n'incluent pas les émissions des fonderies de métaux non ferreux.
Nég. – Négligeable

TABLE DES MATIÈRES

		Page
RÉSUMÉ		i
LISTE DES TABLEAUX		v
1	INTRODUCTION	1
1.1	Objet	1
1.2	Le plomb à l'état naturel	1
1.3	Propriétés et utilisations	1
1.4	Le plomb au sein de l'économie canadienne en 1978	2
2	ÉMISSIONS INDUSTRIELLES	5
2.1	Extraction, préparation et concentration des minerais plombifères	5
2.2	Production de plomb de première fusion	5
2.3	Production de zinc de première fusion	6
2.4	Production de cuivre et de nickel de première fusion	6
2.5	Production de plomb de seconde fusion	7
2.6	Fonderies de laiton et de bronze	7
2.7	Industries de fabrication de produits métalliques	8
2.8	Production de coke métallurgique	8
2.9	Production de fer et d'acier de première fusion	9
2.10	Ferro-alliages	9
2.11	Fonderies de fer et d'acier	10
2.12	Fabrication du ciment	11
2.13	Production de verre au plomb	11
2.14	Production de batteries d'accumulateurs	12
2.15	Fabrication de dérivés alcoylés du plomb	13
2.16	Production d'oxydes et de pigments à base de plomb	14
3	ÉMISSIONS DUES À LA COMBUSTION - SOURCES FIXES	15
4	ÉMISSIONS DUES AUX MOYENS DE TRANSPORT	16
4.1	Véhicules routiers et matériels non routiers consommant de l'essence	16
4.2	Aéronefs	16
4.3	Moteurs hors-bord à essence	17
5	ÉMISSIONS DUES À L'INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES	18
5.1	Incinération des déchets urbains	18
5.2	Incinération des boues résiduaires	18
5.3	Incinération des huiles usées	19

		Page
6	ÉMISSIONS DE SOURCES DIVERSES	21
6.1	Épandage de pesticides	21
6.2	Combustion du bois	21
6.3	Mise en marché de l'essence	21
7	COMPARAISON AVEC LES ÉMISSIONS RELEVÉES EN 1970	23
RÉFÉRENCES		24
BIBLIOGRAPHIE		28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE PLOMB EN 1978 PAR PROVINCE ET PAR SECTEUR	ii
2	PROPRIÉTÉS DU PLOMB À L'ÉTAT ÉLÉMENTAIRE	2
3	UTILISATIONS DE CERTAINS COMPOSÉS DU PLOMB	3
4	CONSOMMATION INDUSTRIELLE CANADIENNE DE PLOMB EN 1978 (TONNES)	4
5	ÉMISSIONS DE PLOMB DES INDUSTRIES DE FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES EN 1978	8
6	TENEUR EN PLOMB DES POUSSIÈRES ÉMISES PAR LES FOURS EMPLOYÉS POUR LA PRODUCTION DU FER ET DE L'ACIER	10
7	ÉMISSIONS DE PLOMB EN 1978 EN FONCTION DU TYPE DE COMBUSTIBLE ET DE L'UTILISATION	15
8	BILAN DES HUILES USÉES POUR 1978	20

1 INTRODUCTION

1.1 Objet

La présente étude vise à déterminer et à quantifier les sources d'émission de plomb dans l'atmosphère au Canada en 1978 et constitue ainsi une mise à jour du premier inventaire, dressé pour 1970. Elle examine également les effets des règlements promulgués au Canada.

Les données présentées proviennent de personnes bien informées, de publications scientifiques, de rapports officiels, de publications de Statistique Canada et des renseignements recueillis lors de l'inventaire de 1970. Les quantités sont évaluées à l'aide des données connues, avec le plus d'exactitude possible et elles donnent une bonne indication des émissions au Canada en 1978.

1.2 Le plomb à l'état naturel

Les trois minerais plombifères les plus importants sont la galène (sulfure), la cérusite (carbonate) et l'anglésite (sulfate). Au Canada, le minerai le plus riche en plomb et celui qui a la plus grande valeur du point de vue commercial est la galène, qui est de couleur argentée et renferme de 6 à 8 p. 100 de plomb sous forme de sulfure.

Souvent la galène est associée à la sphalérite, qui est le principal minerai de zinc. Par conséquent, le plomb et le zinc sont souvent extraits ensemble, et des quantités appréciables de cuivre et d'argent sont récupérées à la même occasion.

Les gisements d'uranium contiennent du plomb qui provient de sa désintégration radioactive. Il est libéré dans l'atmosphère, en petites quantités, dans les particules de terre en suspension, les aérosols halogénés et fumées silicatées d'origine volcanique, les fumées des feux de forêt et les aérosols salés marins (1).

1.3 Propriétés et utilisations

Le plomb est l'un des éléments du sous-groupe IV A du tableau périodique. C'est un métal mou, de densité élevée et de couleur gris bleuâtre. Sa surface s'oxyde rapidement, formant une couche qui le protège contre la corrosion et l'usure. Le plomb fraîchement coupé, non encore oxydé, est de couleur argentée. Sous forme de poudre fine, il est pyrophore. Le tableau 2 indique les propriétés physiques du plomb à l'état élémentaire.

Sa masse volumique élevée (11,3 g/cm^3), sa faible dureté et son point de fusion relativement bas (327° C) font qu'on peut facilement lui donner des formes variées et le

TABLEAU 2 PROPRIÉTÉS DU PLOMB À L'ÉTAT ÉLÉMENTAIRE

Masse atomique	207,19
Nombre atomique	82
Valences	2 et 4
Système cristallin	cubique à faces centrées
Densité relative à 20 °C	11,34
Chaleur spécifique à 20 °C (J/kg)	128,12
Tension de vapeur à 1611 °C (kPa)	53,3
Viscosité à 844 °C (Pa•s)	$1,19 \times 10^{-4}$
Point de fusion (°C)	327,43
Point d'ébullition (°C)	1740
Chaleur latente de fusion (J/kg)	$24,53 \times 10^3$
Chaleur latente de vaporisation (J/kg)	$849,9 \times 10^3$
Conductivité thermique à 20°C (W/m °C)	34,75
Résistivité électrique à 20 °C (μΩ/cm)	20,65
Module d'élasticité (10^6 kPa)	3,127
Dureté Brinell (fonte)	4,2

faire entrer dans des alliages. Ses caractéristiques physiques lui confèrent de nombreuses utilisations: munitions, paliers, gainage des câbles, calfatage des tuyaux, tubes souples, feuilles de plomb, soudures et alliages d'imprimerie (2).

Ses composés trouvent des utilisations très diverses dont certaines sont énumérées au tableau 3 (3).

Le plomb résiste aux acides sulfurique, sulfureux, phosphorique et chromique mais il est légèrement attaqué par les acides chlorhydrique et fluorhydrique, et fortement corrodé par les acides nitrique, acétique et formique. Il est assez sensible aux chlorures organiques et aux solutions aqueuses de chlorures métalliques. En présence d'oxygène, la plupart des acides organiques réagissent avec lui pour former des sels organoplombiques (2).

1.4 Le plomb au sein de l'économie canadienne en 1978

En 1978, le Canada a produit 319 809 tonnes métriques de plomb dont la majeure partie provenait de la Colombie-Britannique, du Yukon, des Territoires du Nord-

TABLEAU 3 UTILISATIONS DE CERTAINS COMPOSÉS DU PLOMB

Composé	Formule chimique	Utilisations
Arséniate de plomb	$PbAsO_4$	Insecticides, médecine vétérinaire
Chromates de plomb	$PbO \cdot PbCrO_4$ et $PbCrO_4$	Pigments, décoration de la porcelaine (émail), tissus
Monoxyde de plomb (litharge)	PbO	Pommades, enduits, mastic, fondant, pigments, réactif pour analyse, siccatifs dans les peintures
Silicate de plomb (fritte silicatée)	PbSiO	Verrerie, céramiques
Sulfate de plomb	$PbSO_4$	Pigments, batteries, lithographie, tissus
Orthoplombate de plomb (minium)	Pb_3O_4	Pigments, teintures, produits chimiques, agents de cuisson (substitut du caoutchoux), pièces pyrotechniques
Tétraéthyl-plomb Tétraméthyl-plomb	$Pb(C_2H_5)_4$ $Pb(CH_3)_4$	Additifs antidétonnants de l'essence, fabrication de pesticides organiques à base de mercure, remplissage de compteurs Geiger

Ouest et du Nouveau-Brunswick.

La préparation du minerai extrait donne des concentrés renfermant de 11 à 76 p. 100 de plomb. Ces concentrés ont été exportés, ou expédiés à Trail (Colombie-Britannique) ou à Belledune (Nouveau-Brunswick) pour être traités.

La majeure partie de la production a été exportée: environ 143 000 tonnes sous forme de minerais ou de concentrés, et 158 316 tonnes sous forme de métal, de matières transformées et de rebuts (4). En 1978, comme on peut le voir au tableau 4, l'industrie canadienne aurait consommé 131 615 tonnes de plomb (5).

TABLEAU 4 CONSOMMATION INDUSTRIELLE CANADIENNE DE PLOMB EN 1978 (TONNES)

Secteur	Plomb de première fusion	Plomb de seconde fusion	Plomb antimonié	
Fabrication d'accumulateurs	45680	5989	27599	79268
Fabrication de composés du plomb[a]	15834	5911	-	21745
Produits semi-finis[b]	3818	559	2686	7063
Soudures	1441	4410	319	6170
Alliages antifriction, métaux d'imprimerie etc.	488	3407	30	3925
Gainage des câbles	618	405	106	1129
Plomb antimonié	491	6789	-	7280
Alliages de cuivre	119	196	1	316
Autres utilisations	3199	1388	132	4719
TOTAL	71688	29054	30873	131 615

a - Comprend les peintures, les pigments et le tétraéthyl-plomb
b - Comprend les tubes minces, les munitions, les tuyaux et les feuilles de plomb.

2 ÉMISSIONS INDUSTRIELLES

2.1 Extraction, préparation et concentration des minerais plombifères

Les minerais sont extraits, concassés, criblés et broyés. Le minerai de plomb est séparé des autres minerais par flottation, puis il est concentré dans un épaississeur ou à l'aide d'un filtre. Ordinairement, les concentrés obtenus sont ensuite séchés.

Les émissions de plomb sur les lieux d'extraction sont généralement dues au forage, au dynamitage du minerai et à son chargement mécanique dans les camions pour le transport jusqu'à la laverie. De bonnes techniques d'extraction, un entretien suffisant de l'équipement ainsi que l'humidification du minerai sont les principaux moyens de lutte contre ces émissions.

Une liste des principales mines productrices et de la teneur en plomb de tous leurs concentrés a été dressée (4). Le type d'exploitation de chaque mine (à ciel ouvert ou en souterrain) a été spécifié (6). Lorsque des mesures sont prises contre les poussières, les émissions de plomb s'élèveraient à 1,025 kg par tonne de plomb traité dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert et à 1,0125 kg dans le cas d'une exploitation sous terre (7). En appliquant ces facteurs d'émission, nous avons estimé à 397 tonnes les émissions de plomb attribuables à l'extraction du minerai en 1978.

Les émissions au cours de la préparation du minerai se produisent lors du transport et du concassage du minerai, du séchage et du transport des concentrés et de l'élimination des résidus. Des émissions se produisent également lors du concassage et de la flottation, mais elles sont très faibles car on procède par voie humide. Afin de récupérer le plus possible de minerais de valeur, divers types de matériel antipollution sont employés dans les laveries.

Avec un facteur total d'émission de 1,45 kg par tonne de plomb traité (7), nous avons estimé à 566 tonnes les émissions provenant de la préparation et de la concentration du minerai en 1978.

Le total des émissions de plomb dues à l'extraction, à la préparation et à la concentration des minerais plombifères s'élevait donc à 963 tonnes en 1978.

2.2 Production de plomb première fusion

Le plomb est d'abord extrait du minerai hôte par oxydation partielle du concentré dont on a fait un sinter. Le concentré partiellement grillé est ensuite traité dans un haut fourneau où le sulfure de plomb est oxydé pour donner de l'oxyde et du sulfate de plomb ainsi que de l'anhydride sulfureux. L'oxyde et le sulfate de plomb

réagissent ensuite avec du carbone pour produire du plomb métallique impur, du dioxyde de carbone, de l'anhydride sulfureux et des scories. L'affinage du plomb se continue par électrolyse ou précipitation chimique. En général, des mesures importantes sont prises pour lutter contre la pollution causée par les opérations métallurgiques.

En 1978, les deux fonderies en exploitation au Canada ont produit 219 450 tonnes de plomb métallique à partir de concentrés (8) et leurs émissions totales ont été estimées à 70 tonnes (9, 10). Dans le cas d'une des fonderies, les données de 1980 ont été employées; il a été supposé qu'elles étaient représentatives de la situation en 1978.

2.3 Production de zinc première fusion

Comme le zinc est produit à partir d'un minerai dans lequel il est associé au plomb, il reste un peu de plomb dans le concentré de zinc produit. Le zinc est extrait par grillage et agglomération de l'oxyde. Cet oxyde est ensuite dissous dans de l'acide sulfurique. La solution de sulfate de zinc est débarrassée par précipitation des impuretés comme le cadmium et d'autres métaux. Le zinc est extrait de la solution purifiée par électrolyse, puis les cathodes de zinc sont fondues et coulées en lingots. Le grillage et l'agglomération, l'électrolyse et la fusion du zinc peuvent être à l'origine d'émissions. Le dépoussiérage, à l'aide de filtres à manche et d'électrofiltres est généralement efficace.

Les émissions totales de plomb attribuables à la production de zinc de première fusion en 1978 ont été estimées à 12 tonnes (9).

2.4 Production de cuivre et de nickel de première fusion

Les émissions de plomb se produisent principalement au cours du grillage, de la fusion et de l'affinage au vent des concentrés de cuivre et de nickel. Lors du grillage des concentrés, environ la moitié du soufre est libéré sous forme d'anhydride sulfureux, et une partie du fer est oxydé. Les concentrés auxquels on a ajouté un fondant siliceux passent ensuite dans un four de fusion, ce qui permet d'obtenir une scorie de silicates de fer et une solution de sulfures fondus (matte). Lors de l'affinage au vent, de l'air est insufflé dans la matte, entraînant ainsi une élimination additionnelle du soufre et l'oxydation du fer résiduel. La matte ne renferme plus que les métaux, cuivre ou nickel, bruts (impurs) qui sont par la suite raffinés. Une quantité importante de plomb est associée aux particules s'échappant de l'équipement antipollution.

Les émissions totales de plomb en 1978 des fonderies de cuivre et de nickel sont estimées à 2 330 tonnes (9, 10, 11).

2.5 Production de plomb de seconde fusion

On entend par fonderie de plomb de seconde fusion toute installation ou usine qui transforme des résidus métalliques ou matières renfermant du plomb, autres que des concentrés plombifères provenant d'une exploitation minière, par un procédé métallurgique ou chimique, en plomb affiné, en alliages de plomb ou en oxyde de plomb (12). À cette fin, divers fours sont employés, notamment le haut fourneau, le four à réverbère et le four à creuset. Parmi les secteurs qui emploient au moins certains de ces fours, citons la fabrication d'accumulateurs, de plomb alcoylé, de tuyaux souples, de munitions et d'articles de plomberie, le gainage de câbles électriques, et la coulée, le meulage et l'usinage d'alliages de plomb tels que les laitons et les bronzes dans les fonderies. Les chiffres estimatifs des émissions dans ces secteurs sont indiqués dans les pages qui suivent. Nous ne tenons compte ici que des émissions provenant de la récupération du plomb de produits tels que plaques d'accumulateurs, gaines de câbles, caractères d'imprimerie et diverses scories (7, 13).

Les huit usines de plomb de seconde fusion (usines de récupération) en exploitation au Canada en 1978 réalisaient un bon dépoussiérage à l'aide de filtres à manche. Les facteurs d'émission de plomb typiques pour ces installations varient de 0,10 à 0,30 kg par tonne de plomb traité. D'après ces facteurs et les chiffres de production de chaque usine, les émissions totales de plomb dues à la production de plomb de seconde fusion en 1978 sont estimées à 15 tonnes (9).

2.6 Fonderies de laiton et de bronze

Le laiton et le bronze sont des alliages de cuivre avec du zinc, de l'étain, de l'aluminium, du silicium et du plomb. Les grosses fonderies emploient généralement des fours à réverbère, des fours rotatifs et des fours électriques à induction, tandis que les fonderies de taille plus modeste emploient des fours à creuset. Les émissions de plomb varient selon le type de four, la teneur en plomb des alliages (variant entre 0,02 et 25 p. 100), la température de coulée et l'entretien de l'usine (14, 15).

On ne possède pas de données assez sérieuses pour estimer les émissions de plomb de ces fonderies. Toutefois, en partant de la production canadienne de lingots de laiton et de bronze qui s'élève à 57 383 tonnes (16) et en se fondant sur les facteurs d'émission aux États-Unis (17), nous avons calculé que les émissions de plomb s'élevaient à 13 tonnes, dont environ 70 p. 100 produites en Ontario.

2.7 Industries de fabrication de produits métalliques

Outre les fonderies de laiton et de bronze, de nombreuses usines au Canada utilisent le plomb et ses alliages pour fabriquer divers produits métalliques. Il s'agit souvent d'installations de production en creusets d'alliages de plomb, de fabrication de tubes souples, de munitions, de tuyaux et de feuilles de métal, de gainage de câbles électriques et de soudage de produits métalliques.

Les chiffres des émissions de plomb, qui sont produites sous forme d'oxydes et de poussières métalliques lors de la fusion, de la coulée et de la fabrication, sont présentés au tableau 5. Les émissions de chaque province sont estimées d'après le nombre d'installations (18).

TABLEAU 5 ÉMISSIONS DE PLOMB DES INDUSTRIES DE FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES EN 1978

Produit	Consommation de plomb (tonnes)[a]	Facteur d'émission[b] (kg/tonne)	Émissions (tonnes)
Produits semi-finis	7063	2	14
Soudures	6170	0,13	1
Alliages (antifrictions, typographiques, etc.)	3925	2	8
Gainage des câbles	1129	2	2
Plomb antimonié	7280	2	15
TOTAL	25567		40

a - voir le tableau 4.
b - voir la référence n° 7.

2.8 Production de coke métallurgique

Le coke est le résidu de la distillation du charbon bitumineux. Au Canada, il est produit à environ 95 p. 100 dans des fours à coke qui assurent la récupération des sous-produits.

En 1978, la fabrication du coke métallurgique a demandé 7 337 000 tonnes de charbon (8). La teneur en plomb des divers types de charbon employés varie de 1,5 ppm en Nouvelle-Écosse à 14,0 ppm en Saskatchewan (19, 20, 21, 22). Si on suppose que 5 p. 100

du plomb présent dans le charbon est libéré dans l'atmosphère (20), les émissions de plomb provenant de la fabrication du coke métallurgique se chiffreraient à 2 tonnes.

2.9 Production de fer et d'acier de première fusion

Les procédés de fabrication du fer et de l'acier comprennent une suite d'opérations: (1) production de coke; (2) fabrication de fonte brute en hauts fourneaux; (3) production d'acier à l'aide de fours à sole, à oxygène et à arc (électrique); (4) laminage; et (5) finissage.

Lors de l'opération de frittage, les poussières de carneaux et d'autres fines provenant du traitement de minerai de fer sont transformées de façon à pouvoir être traitées dans un haut fourneau. Le traitement en haut fourneau consiste à faire réagir le minerai de fer, le coke et le calcaire avec des quantités importantes d'air chaud pour produire une fonte liquide et éliminer des impuretés présentes dans le minerai.

Dans le procédé Siemens-Martin de fabrication de l'acier, un mélange de ferraille, d'acier et de fonte brute est fondu dans un bac rectangulaire peu profond, ou "sole", chauffé par divers combustibles. Les impuretés sont éliminées sous forme de laitier. Dans le procédé à l'oxygène pur, l'oxygène sert à oxyder les impuretés dans une charge composée d'environ 70 p. 100 de métal de haut fourneau et de 30 p. 100 de déchets métalliques. Le four électrique est employé principalement pour la production d'acier spécial ou pour la fusion de quantités importantes de déchets métalliques.

Les fours employés pour la production de fer et d'acier à haute température libèrent des impuretés (renfermant du plomb) dans l'atmosphère. La teneur en plomb des particules émises varie selon le type de four et le mode d'exploitation. D'après les émissions totales de particules des usines de fer et d'acier (8) et leur teneur en plomb indiqué au tableau 6 (23, 24), les émissions totales de plomb attribuables à la production de fer et d'acier en 1978 ont été estimées à 806 tonnes.

2.10 Ferro-alliages

On entend par ferro-alliages les alliages du fer avec un ou plusieurs autres métaux. Ils sont employés dans la production d'acier comme éléments d'alliage et désoxydants. Les trois grands types sont les alliages à base de silicium, de manganèse et de chrome. Au Canada, ils sont en majorité produits dans des fours électriques par réduction d'oxydes métalliques. La manutention des matières à traiter, les fours de fusion et les opérations de concassage et d'emballage sont les principales sources possibles d'émissions. Les émissions de particules et de plomb varient considérablement, en

TABLEAU 6 TENEUR EN PLOMB DES POUSSIÈRES ÉMISES PAR LES FOURS EMPLOYÉS POUR LA PRODUCTION DU FER ET DE L'ACIER

Production de fer	
Four de frittage	1,5 p. 100
Haut fourneau	0,02 p. 100
Four électrique	1,5 p. 100
Production d'acier	
Four à oxygène	1,4 p. 100
Four à sole	0,6 p. 100
Four électrique à arc	2,9 p. 100

fonction surtout de l'alliage produit, du type et du fonctionnement du four et de la composition de la charge. Aux fins de la présente étude, il a été supposé que les émissions de particules de l'industrie de ferro-alliages renfermaient 650 ppm de plomb (17). Calculées en fonction de la quantité de particules émises (8), les émissions de plomb se seraient chiffrées à 17 tonnes en 1978.

2.11 Fonderies de fer et d'acier

Les premières produisent des moulages en fonte grise; les secondes, des moulages en acier. Les deux comportent les opérations suivantes: fusion d'une charge métallique appropriée avec des fondants; coulée en moules; et finissage. Des cubilots, des fours électriques à induction et des fours électriques à arc sont normalement utilisés pour la fusion. On emploie généralement des filtres à manche et des électrofiltres pour capter les particules émises par les fours. Les moulages en acier sont ordinairement nettoyés par grenaillage avant le finissage par brûlage et meulage.

Le plomb est présent naturellement à l'état de trace dans les matériaux ferrugineux alimentant les fours. La teneur en plomb des émissions de particules varies selon le type de four, le pourcentage de déchets métalliques dans la charge et la température d'exploitation. En se fondant sur un taux d'émission de 0,18 kg de plomb par tonne de métal fondu dans un cubilot (25) et sur la quantité de métal fondu en 1978, on a estimé à 267 tonnes les émissions de plomb des fours. Les émissions des fours à arc électrique et à induction étaient bien plus faibles mais ne peuvent être quantifiées.

2.12 Fabrication du ciment

Elle comporte l'abattage et le concassage de calcaires, et de schistes ou d'argiles. Les matières premières sont dosées, broyées et homogénéisées selon un procédé par voie sèche ou humide. Le mélange et les matières premières sèches sont brûlés dans un four pour former le clinker, qui est ensuite mélangé à une petite quantité de gypse, puis broyé en une poudre fine et entreposé. Le plomb est parfois présent à l'état de trace dans les matières premières et peut être libéré dans l'atmosphère lors du traitement, qu'il soit par voie sèche ou humide.

Pour estimer les émissions de plomb dues à la fabrication du ciment, nous avons tenu compte des émissions de particules (8) et supposé une concentration de 450 ppm de plomb dans les émissions (7, 17). Ainsi calculées, les émissions de plomb se chiffreraient à 23 tonnes en 1978. Le Manitoba a fourni les chiffres estimatifs des émissions de plomb de ses deux cimenteries (11).

2.13 Production de verre au plomb

Le verre est produit commercialement par fusion de sables siliceux, de calcaires et de carbonate de sodium anhydre à une température élevée (1540 °C) dans des fours à récupération, à chauffage direct et fonctionnement continu. De l'oxyde de plomb est ajouté aux ingrédients de base pour produire le verre au plomb. La teneur en oxyde de plomb se situe ordinairement dans l'intervalle de 12 à 60 p. 100 de la masse du verre produit, mais peut atteindre 92 p. 100 dans certaines variétés de verre (26). Le verre à l'oxyde de plomb a un indice de réfraction, une densité et une résistivité électrique élevés et une basse température de ramollissement. Ces propriétés font qu'il trouve des applications en protection contre les radiations, comme verre optique et comme verre de crystal.

Statistique Canada a publié les chiffres de la production totale de verre, mais la production du verre au plomb en 1978 est inconnue. Afin d'obtenir une estimation des émissions de particules dues à la production du verre au plomb, nous avons supposé que ce genre de verre représentait 3 p. 100 de la production totale (15). En partant de la masse des émissions de particules de l'industrie du verre évaluée à 1 410 tonnes (8) et en supposant que la concentration normale de plomb dans les particules était de 23 p. 100 (17), nous avons estimé à 10 tonnes les émissions totales de plomb dues à la production de verre au plomb.

2.14 Production de batteries d'accumulateurs

Au Canada, on utilise le plomb surtout pour la fabrication d'accumulateurs.

Les grilles des accumulateurs au plomb constituent la structure des plaques et servent à conduire l'électricité. On les fabrique en versant du plomb fondu dans une machine à couler. On se sert ordinairement de plomb antimonié car il produit des grilles rigides. Toutefois, comme l'antimoine réagit avec l'acide sulfurique et provoque l'auto-décharge des accumulateurs, des alliages de plomb et d'autres métaux comme l'étain, le calcium, le cadmium ou l'arsenic sont maintenant employés.

Après leur sortie de la machine à coulée, les grilles passent à l'opération d'empâtage. Une pâte de sulfate de plomb est obtenue à partir d'oxyde noir (oxyde de plomb renfermant de 20 à 40 p. 100 de plomb métallique), d'acide sulfurique dilué, d'eau et de divers additifs comme de la fibre de bois pour lui donner plus de consistance. Des machines à empâter sont employées pour faire pénétrer le mélange épais dans les interstices des grilles (désormais appelées "plaques").

Les plaques sont alors séchées et conditionnées pendant deux à trois jours puis elles sont assemblées pour former des cellules, avec séparateurs en cellulose intercalés, et soudées au plomb de façon à former une connexion électrique entre les plaques positives et une autre entre les plaques négatives. Les cellules sont placées dans des bacs d'électrolyse remplis d'acide sulfurique et sont "formées" par passage d'un courant électrique dans le cas de la fabrication de batteries chargées sèches. La "formation" transforme la pâte en peroxyde de plomb à la plaque positive et en plomb métallique à la plaque négative. Les cellules sont retirées du bac, bien rinçées à l'eau et séchées. Elles sont ensuite assemblées dans un coffret de caoutchouc ou de polypropylène. Le dessus de la batterie est fixé et scellé de façon étanche, et on y installe les bornes. Les batteries chargées humides sont fabriquées de façon assez similaire, un nouvel acide étant ajouté et la batterie, mise sous charge rapide.

Les sources d'émission de plomb sont les fours et machines servant à couler les grilles, les mélangeurs de la pâte, les séchoirs des plaques, et le concassage et la manutention des poudres sèches du métal et de l'oxyde constituant la pâte. Des poussières peuvent également s'échapper lors de l'empilage des plaques d'électrodes sèches et du soudage au plomb. Normalement, ces opérations se font dans des enceintes fermées où l'air est épuré au moyen de dépoussiéreurs par voie humide, de filtres à manche ou de ventilateurs.

En 1978, 3 111 000 accumulateurs ont été fabriqués au Canada (27). Compte tenu d'un facteur d'émission de plomb de 8 kg pour 1000 accumulateurs produits (28), les émissions de plomb de ce secteur ont été estimées à 25 tonnes. Le total des émissions dans chaque province (tableau 1) a été calculé d'après le nombre d'établissements et l'importance relative des livraisons (27).

2.15 Fabrication de dérivés alcoylés du plomb

Après la fabrication des accumulateurs, le plus gros consommateur de plomb au Canada est la fabrication des additifs antidétonnants pour l'essence. Le tétraéthyl-plomb et le tétraméthyl-plomb sont de tels additifs. Ils élèvent l'indice d'octane de l'essence, ce qui permet d'avoir des taux de compression élevés dans les moteurs à combustion interne sans aucun "cognement".

La première étape de leur fabrication consiste à faire fondre du plomb métallique et du sodium dans une proportion de 9 à 1 en poids pour former un alliage. L'alliage est ensuite solidifié et acheminé aux autoclaves sous une atmosphère d'azote. Du chlorure d'éthyle est ajouté dans les autoclaves avec l'alliage où sa réaction a lieu en présence d'un catalyseur comme l'acétone. Les réactions chimiques en cause sont les suivantes:

$$4\ Na + 4\ Pb \longrightarrow 4\ NaPb$$

$$4\ NaPb + 4\ C_2H_5Cl \xrightarrow{\text{(catalyseur)}} (C_2H_5)_4Pb + 4\ NaCl + 3\ Pb$$

Tétraéthyl-plomb

La production de tétraméthyl-plomb par réaction avec le sodium est similaire, mais il faut alors utiliser du méthyl-chlorure au lieu du chlorure d'éthyle.

Les produits de réaction sont distillés afin d'extraire le tétraéthyl-plomb qui est ensuite purifié, filtré et mélangé avec une solution de dichlorure d'éthylène et de bromure d'éthylène pour empêcher la formation de dépôts. Les résidus sont évacués dans un bassin à boue. Le fond du bassin est envoyé dans un sécheur à vapeur à action indirecte, puis les boues séchées sont traitées dans un four à réverbère afin de récupérer le plomb. La récupération du plomb est une étape économique importante puisque seulement 25 p. 100 du plomb de l'alliage sodium-plomb réagit pour former le tétraéthyl-plomb dans l'autoclave.

Le plomb est émis sous forme de particules lors de la fusion et de la récupération et sous forme de vapeurs organiques lors de la fabrication, de la récupération et de l'entreposage des dérivés alcoylés.

Au Canada, deux usines (situées toutes deux en Ontario) produisaient des composés alcoylés du plomb en 1978. Leurs émissions atmosphériques ont été calculées à partir des chiffres fournis de consommation de plomb pour la fabrication du plomb alcoylé (5) et à l'aide du facteur moyen pondéré d'émission de plomb calculé pour chaque usine (29). Ainsi calculées, les émissions de plomb dues à la fabrication des dérivés alcoylés du plomb se chiffreraient à 57 tonnes.

2.16 Production d'oxydes et de pigments à base de plomb

L'oxyde de plomb sert principalement à la fabrication des accumulateurs au plomb mais est également employé comme pigment dans des peintures et des glaçures pour céramique. Les oxydes de plomb comprennent la litharge (PbO), le dioxyde de plomb (PbO_2) et le minium (Pb_3O_4). L'oxyde noir, forme la plus utilisée des oxydes de plomb et ingrédient choisi pour la fabrication des accumulateurs au plomb, est simplement un mélange de litharge et de plomb métallique en poudre fine. Le minium (renfermant environ 95 à 98 p. 100 de plomb) est le principal pigment à base de plomb. La céruse et des chromates de plomb en sont d'autres.

Lors de la production des oxydes de plomb, des émissions sont produites à l'étape du concassage ou de la fusion du plomb métallique et à celle de l'emballage des produits. Les émissions de plomb ne devraient pas différer tellement de ce qu'elles étaient en 1970; elles étaient alors inférieures à une tonne (7).

Les poussières de pigment libérées lors de la manutention de la poudre sèche sont minimes car elles sont captées pour des raisons économiques. Une fois la peinture mélangée, les dégagements de plomb au cours des étapes finales de fabrication et d'emballage, ainsi que lors de l'application sont négligeables (7).

3 ÉMISSIONS DUES À LA COMBUSTION DE CARBURANTS ET PROVENANT DE SOURCES FIXES

On peut classer ces sources en quatre catégories: centrales électriques, habitations, commerces et industries. Les principaux types de combustibles utilisés sont les hydrocarbures gazeux (gaz naturel, propane et butane) les gasoils, les huiles lourdes et légères, le kérosène et le charbon. Seuls les combustibles gazeux et les gasoils ne contiennent pas de plomb.

Les données sur la consommation de combustibles ont été puisées dans des publications de Statistique Canada et un rapport d'Hydro-Ontario (30, 31, 32).

La teneur en plomb du charbon utilisé varie de 2,8 ppm pour le charbon du Nouveau-Brunswick à 50 ppm pour celui de la Nouvelle-Écosse (19, 20, 21, 22). Les émissions ont été calculées en fonction de la teneur en plomb du charbon et en supposant un taux d'émission de plomb de 5 p. 100 (20, 33), pendant la combustion.

Les émissions de plomb provenant de la combustion d'huiles ont été calculées en se basant sur un facteur d'émission de 0,5 (Pb) kg par litre d'huile brûlée, Pb étant la teneur en plomb de l'huile, exprimée en ppm par poids (28). Pb équivaut à 2,5 ppm pour les huiles lourdes et à 0,25 ppm pour les huiles légères (34). 1978 ont été estimées à 30 tonnes. La répartition selon le type de combustible et l'utilisation est indiquée au tableau 7.

TABLEAU 7 ÉMISSIONS DE PLOMB EN 1978 EN FONCTION DU TYPE DE COMBUSTIBLE ET DE SON UTILISATION

	Émissions (tonnes)			
	Charbon	Huile lourde	Autres*	Total
Production d'électricité	9	4	Neg.	13
Utilisations domestiques	<1	1	1	2
Utilisations commerciales	Nég.	2	1	3
Utilisations industrielles	1	11	<1	12
TOTAL	10	18	2	30

* Autres : Huile légère, pétrole de chauffage et kérosène

Nég.: Négligeable

4 ÉMISSIONS DUES AUX MOYENS DE TRANSPORT

4.1 Véhicules routiers et matériels non routiers consommant de l'essence

La plupart des véhicules utilisés sur les voies publiques, automobiles, camions, autobus et motocyclettes consomment de l'essence. Hors des routes, certains matériels employés en agriculture et dans l'industrie en brûlent également. Les gasoils brûlés dans les moteurs Diesel ne renferment pas de plomb (33).

La présence d'additifs au plomb dans l'essence entraîne la formation d'oxyde de plomb lors de la combustion. Des quantités importantes de plomb sont émises avec les produits de combustion par le système d'échappement. Des particules sont également retenues dans le moteur, y formant des dépôts permanents; elles contaminent graduellement l'huile lubrifiante et sont en partie éliminées lors des changements d'huile (voir 5.3). De plus, une partie du plomb retenu dans le système d'échappement se détache graduellement et augmente d'autant les émissions.

La quantité, la forme chimique et la granulométrie des émissions de plomb par les véhicules à essence varient selon le type et l'âge du véhicule ainsi que selon les conditions d'utilisation. Comme moyenne générale, certaines études ont indiqué qu'environ 75 p. 100 du plomb contenu dans l'essence est émis par les véhicules (7, 35, 36). En appliquant ce pourcentage d'émission à la quantité de plomb ajoutée à l'essence en 1978 (37), on a estimée à 9 154 tonnes les émissions totales de plomb dues aux véhicules à essence. Les émissions par province, ont été quantifiées en faisant le pro-rata de la consommation d'essence dans chaque province. La répartition saisonnière des émissions est la suivante si l'on se base sur les statistiques mensuelles de consommation d'essence (38, 39):

décembre à février:	22,96 p. 100
mars à mai:	23,49 p. 100
juin à août:	27,86 p. 100
septembre à novembre:	25,69 p. 100

On pense que l'utilisation accrue d'essence sans plomb accentuera la réduction des émissions de plomb par les automobiles.

4.2 Aéronefs

L'emploi d'additifs au plomb dans le carburant d'aviation afin d'empêcher le cognement des moteurs provoque des émissions de plomb lors de la combustion.

À partir de la concentration maximale de plomb dans l'essence d'aviation, soit 1,28 g/L (40), des chiffres de vente en 1978 (38, 41) et en employant le même facteur d'émission que pour les véhicules terrestres à essence, soit 75 p. 100, nous avons estimé à 362 tonnes les émissions totales de plomb des aéronefs. Le Manitoba a fourni ses propres chiffres à cet égard.

4.3 Moteurs hors-bord à essence

La consommation est d'un litre d'essence dans les moteurs hors-bord pour 180 litres dans les véhicules terrestres routiers et non routiers (42). À partir de ce rapport et du total des émissions de plomb des véhicules terrestres à essence (voir 4.1), nous avons estimé les émissions de plomb des moteurs hors-bord à essence à 51 tonnes. Toutefois, on suppose que tout le plomb émis ne se retrouvera pas dans l'atmosphère car l'échappement se fait sous l'eau.

5 ÉMISSIONS DUES À L'INCINÉRATION DE DÉCHETS SOLIDES

5.1 Incinération des déchets urbains

Les incinérateurs municipaux peuvent normalement traiter plus de 50 tonnes d'ordures par jour et ils sont ordinairement pourvus de régulateurs de température et de dispositifs d'alimentation automatique. Le modèle le plus courant consiste en une chambre à parois réfractaires munie d'une grille sur laquelle les ordures sont brûlées et il est ordinairement alimenté de façon discontinue. Certains modèles de conception récente utilisent des fours à écran d'eau. Quelques incinérateurs à fosse sont également employés.

Les sources possibles de plomb dans les déchets urbains sont notamment les soudures des boîtes de conserve, les feuilles de plomb, les tubes souples et les huiles à moteur. Le plomb est normalement émis sous forme de particules. Les moyens employés pour réduire les émissions particulaires des incinérateurs varient considérablement. Les plus courants sont la pulvérisation d'eau (efficace à 45 p. 100) et l'emploi de chambres de sédimentation ou, dans les nouvelles installations, d'électrofiltres (efficaces à 95 p. 100). En 1978, les incinérateurs à fosse n'étaient généralement pas pourvus d'équipements de dépoussiérage.

Pour calculer les émissions de plomb, nous avons utilisé un facteur d'émission de particules sans dépoussiérage de 15 kg par tonne d'ordures brûlées (43), en supposant que le degré d'efficacité du dépoussiérage pour chaque incinérateur est satisfaisant et qu'il y a une concentration de 3,5 p. 100 dans les particules totales émises (44). Quatre installations ont fourni des données précises sur leurs émissions de plomb (11, 44, 45). En 1978, les émissions totales de plomb en provenance des incinérateurs de déchets urbains se seraient chiffrées à 119 tonnes.

5.2 Incinération des boues résiduaires

En 1978, six municipalités employaient l'incinération pour traiter et éliminer les boues résiduaires. Trois, situées en Ontario, utilisaient des fours à soles multiples, tandis que les trois autres, situées dans l'Ouest, se servaient de fours à lit fluidisé.

Des traces de plomb, allant de 71 ppm à 430 ppm (base sèche), ont été décelées dans les boues résiduaires (45, 46). Les émissions ont été calculées à partir des données sur l'alimentation en boues des incinérateurs (8) et à l'aide d'un facteur d'émission de plomb de 0,015 kg par tonne de boues incinérées dans le cas des fours à soles multiples et de 1,25 g/t dans le cas des fours à lit fluidisé (28). Les émissions totales de plomb provenant de l'incinération des boues résiduaires en 1978 se chiffreraient à une tonne.

5.3 Incinération des huiles usées

Les huiles usées renferment généralement des produits d'oxydation, des dépôts, de l'eau et des particules métalliques provenant de l'usure mécanique. Les lubrifiants provenant des automobiles renferment également des composés organiques et inorganiques. Le plomb est le principal contaminant métallique dans l'huile usée des automobiles. Il provient des additifs de l'essence dont la teneur typique est d'environ 1 p. 100 en poids (47, 48, 49, 50).

Les huiles usées peuvent subir un nouveau raffinage ou traitement, servir au huilage des routes, être mises en décharge ou enfouies. Elles peuvent être employées comme combustibles d'appoint en cimenterie, dans d'autres secteurs industriels et dans le secteur de la production d'électricité comme moyen d'économiser l'énergie. Les données sur les quantités d'huiles incinérées ont été tirées de plusieurs rapports (51, 52, 53) et de communications personnelles (tableau 8).

Le plomb peut être émis dans l'atmosphère avec le gaz de carneau, lors de la combustion des huiles usées. L'importance des émissions varie grandement selon la teneur en plomb des huiles et les conditions d'exploitation de l'installation de combustion. Compte tenu d'un facteur d'émission du plomb de 4,8(Pb) kg par 1 000 litres d'huiles brûlées (28, 47), où Pb est supposé égal à 1,0 p. 100 (teneur en plomb de l'huile usée), les émissions totales de plomb dues à l'incinération des huiles usées en 1978 ont été estimées à 158 tonnes.

TABLEAU 8 BILAN DES HUILES USÉES POUR 1978 (10^3 LITRES)

Province	Ventes d'huiles lubrifiantes non usées[a]	Récupération d'huiles usées	Combustion d'huiles usées
Terre-Neuve	14 876		-
Île-du-Prince-Édouard	2 840	390[b]	59[b] (15 p. 100)
Nouvelle-Écosse	24 567	11 830[c]	1 615[c]
Nouveau-Brunswick	24 864	9 151[d]	2 423[d] (27 p. 100)
Québec	181 271	136 500[c]	13 650[c]
Ontario	445 458	54 600[c,e]	13 650[c,e]
Manitoba	38 387	2 876[f]	1 365[f]
Saskatchewan	49 742	Inconnue	Négligeable[c]
Alberta	118 579	Inconnue	Négligeable[c]
Colombie-Britannique	102 052	Inconnue	Inconnue
Territoires du Nord-Ouest et Yukon	4 908		-

a - Statistique Canada, Ottawa
b - Référence 51.
c - Référence 54.
d - Référence 52.
e - Référence 53 (p. 23).
f - Référence 11.

6 ÉMISSIONS DE SOURCES DIVERSES

6.1 Épandage de pesticides

Les arrosages d'arséniate de plomb pour protéger des insectes les vergers et les grandes cultures ont été éliminés graduellement (55, 56). On peut donc supposer que les émissions de plomb dues à des épandages de pesticides sont nulles.

6.2 Combustion du bois

Les particules provenant de la combustion du bois de chauffage, des brûleurs coniques, des feux de forêt et du brûlage des rémanents peuvent renfermer des traces de plomb. Toutefois, nous ne disposons pas de données suffisamment fiables sur la teneur en plomb du bois pour estimer les émissions de plomb de cette origine.

6.3 Mise en marché de l'essence

La majeure partie du plomb émis dans l'atmosphère par suite de l'utilisation de dérivés alcoylés du plomb comme agents antidétonnants se trouve dans les gaz d'échappement des moteurs à combustion interne (voir 4.1). Des pertes peuvent également se produire à divers points du circuit de distribution jusqu'au réservoir à essence: à la raffinerie, au terminal de transfert, à la station de chargement et à la station-service. Ce sont des pertes de composés organiques du plomb sous forme de vapeurs.

On a estimé les pertes d'hydrocarbures des réservoirs de stockage à l'intérieur des raffineries de pétrole en 1978 à 51 834 tonnes (8) ou 101,6 millions de litres, en supposant la masse volumique de la vapeur condensée égale à 0,51 kg/litre (55). Comme seulement 77 p. 100 de l'essence environ renfermait du plomb (38), et que sa teneur moyenne en plomb est estimée à 0,31 g/litre (58), les pertes de dérivés alcoylés du plomb des bassins de stockage dans les raffineries se chiffreraient à 24 tonnes.

Lors du remplissage des réservoirs (ceux du terminal, de la station de chargement, de la station-service et de l'automobile), il y a déplacement d'air riche en hydrocarbures par un liquide. Un facteur d'émission d'essence de 1,48 g/litre a été publié (59, 60). En appliquant ce facteur d'émission aux chiffres de consommation d'essence (38, 39) et en supposant que la masse volumique de l'essence est de 0,74 kg/litre, nous avons estimé à 73,8 millions de litres les pertes totales d'essence. Comme 77 p. 100 de l'essence renfermait du plomb et que la concentration moyenne du plomb a été estimée à 0,31 g/litre (58), la perte de dérivés alcoylés du plomb lors du remplissage des réservoirs se chiffrerait à 18 tonnes. Comme il faut ajouter les vapeurs d'essence déplacées dans les

réservoirs enterrés lorsque le carburant est livré à la station, et que le facteur d'émission est alors à peu près le même (36), les pertes seraient deux fois plus élevées et atteindraient 36 tonnes.

Les émissions totales de plomb dues à la mise en marché de l'essence s'élèveraient donc à 60 tonnes.

7 COMPARAISON AVEC LES ÉMISSIONS RELEVÉES EN 1970

Le total des émissions de plomb pour chacune des deux années d'inventaire (1970 et 1978) se compare très difficilement, car les méthodes employées pour estimer les émissions de certains secteurs diffèrent. Néanmoins, une comparaison par secteur est présentée ci-dessous.

Des règlements fédéraux sur la pollution de l'air ont été appliqués à l'industrie du plomb de seconde fusion et aux additifs de l'essence. Les émissions de plomb des fonderies de seconde fusion ont diminué de 59 p. 100 entre 1970 et 1978. L'apparition sur le marché de l'essence sans plomb a réduit de 28 p. 100 les émissions de plomb des véhicules automobiles entre 1970 et 1978.

Les données de 1978 sur les émissions de diverses fonderies de métaux non ferreux sont considérées plus fiables que celles de 1970 du fait qu'elles ont été obtenues par des relevés sur place. Si les émissions de certains secteurs ont changé, le fait est uniquement attribuable à des différences dans la production et la consommation. C'est le cas des émissions provenant de l'extraction, de la préparation et de la concentration des minerais plombifères, de celles des industries des fabrications de produits métalliques et de celles des cimenteries. L'amélioration de la qualité des données a modifié considérablement les résultats pour d'autres secteurs; ces secteurs sont la production de fer et d'acier de première fusion (+ 57 p. 100), la production d'accumulateurs (+ 88 p. 100), les aéronefs (+ 62 p. 100), l'incinération des déchets urbains (+ 56 p. 100) l'incinération des huiles usées (+ 23 p. 100) et la mise en marché de l'essence (+ 86 p. 100).

Un nouveau secteur a été considéré dans le présent inventaire: la production de verre au plomb, mais ses émissions sont très faibles, comparativement au total des émissions, puisqu'elles n'en représentent que 0,1 p. 100.

RÉFÉRENCES

1. Snyder, R.B., et al., A Study of Environmental Pollution by Lead. Illinois Institute of Environmental Quality Document No. 71-7, Chicago, Illinois, November 1971.

2. Kirk, R.E., and Othmer, D.F., Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 12, 3rd Edition, John Wiley & Sons (N.Y.), 1978.

3. Lutz, G.A., et al., Lead Model Case Study - Volume III, Battelle Memorial Institute, Columbus (Ohio), 1970.

4. Hogan, J.J., and Gauvin, M.J., Lead - 1979, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa.

5. Statistique Canada, Division des industries manufacturières et primaires, données non publiées, mai 1980.

6. Canadian Mines Handbook (1979-80), Northern Miner Press Ltd., Toronto, Ontario, July 1979.

7. Environnement Canada, Inventaire national des sources et des émissions de plomb (1970), Rapport interne APCD 73-7, novembre 1973.

8. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Division de l'analyse des données, données non publiées.

9. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Division des opérations minières et métallurgiques, données non publiées.

10. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Division de la mesure de la protection, données non publiées.

11. Manitoba Dept. of Consumer and Corporate Affairs, Environmental Management Division, Air Standards and Studies Section. Unpublished Information.

12. Loi sur la lutte contre la pollution atmosphérique - Règlement sur les normes nationales de dégagement des fonderies de plomb de seconde fusion, Gazette du Canada, partie II, vol. 110, n° 14, juillet 1976.

13. Environnement Canada, Emissions de polluants atmosphériques et techniques anti-pollution. Industrie de plomb de deuxième fusion et industries connexes, rapport EPS 3-AP-75-3F, juillet 1975.

14. Communication personnelle, Direction de la transformation des richesses naturelles, ministère de l'Industrie et du Commerce, Ottawa.

15. Department of Industry, Trade and Commerce, Manual and Directory of the Brass and Bronze Foundries and Ingot Makers in Canada - 1978.

16. Statistique Canada, Le minage, moulage et extrusion du cuivre et de ses alliages (1978), Publication n° 41-224.

17. U.S. Environmental Protection Agency, Control Techniques for Lead Air Emissions - Volume II: Chapter 4 - Appendix B, December 1977.

18. Statistique Canada, Industries manufacturières du Canada: niveau provincial et national (1978), Publication n° 31-203.

19. Direction générale de l'assainissement de l'air, Les éléments à l'état de traces dans les charbons canadiens, rapport EPS 3-AP-82-6F.

20. Environnement Canada, Coal Study (Draft), December 1980.

21. Trace Element Content of American Coals, Ontario Hydro Report No. 77-156-K, 1977.

22. Trace Element Content of Western Canadian Coals, Ontario Hydro Report No. 80-309-K, 1980.

23. Government - Industry Iron and Steel Task Force - Electric Arc Furnace Subcommittee, 1978.

24. Revised Version of the National Inventory of Sources and Emissions of Lead Report (1970) - Update No. 2, International Memo Correspondence, Environnement Canada, March 1975.

25. Warda, R.D. and Buhr, R.K., Sampling and Characterisation of Cupola Emissions, Energy, Mines and Resources Canada, July 1973.

26. Dietz, E.D., Glass. In: Chemical and Process Technology Encyclopedia, Considine, D.M. Los Angeles, McGraw Hill, Inc. pp. 552-561, 1974.

27. Statistique Canada, Fabricants d'accumulateurs (1978), Publication n° 43-208.

28. U.S. Environmental Protection Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Third Edition, Supplement No. 9, 1979.

29. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Division des procédés chimiques, données non publiées.

30. Statistique Canada, Disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (1978-iv), Table 1B and 2B, Publication No. 57-003.

31. Statistique Canada, Statistique de l'énergie électrique, Vol II, statistique annuelle (1978), Publication No. 57-202.

32. Estimates of Atmospheric Emissions from Fossil-Fuel-Fired Thermal Generating Stations (1978), Ontario Hydro Report CTS-07120-1, February 1979.

33. Edwards, L.O., et al., Trace Metals and Stationary Conventional Combustion Process -Project Summary, U.S. Environmental Protection Agency, February 1981.

34. Von Lehmden, D.J. et al., "Determination of Trace Elements in Coal, Fly Ash, Fuel Oil, and Gasoline - A Preliminary Comparison of Selected Analytical Technique". Analytical Chemistry, Vol. 46, No. 2, pp. 239-245, February 1974.

35. U.S. Environmental Protection Agency, Air Quality Criteria for Lead, Health Effects Research Lab, Research Triangle Park, North Carolina, December 1977.

36. U.S. Environmental Protection Agency, The Health and Environmental Impacts of Lead - An Assessment of the Need for Limitations, Office of Toxic Substances, Washington, April 1979.

37. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Division des procédés des combustibles, données non publiées. (Quarterly Report of Lead Additives in gasoline, 1978).

38. Oil Week - Product Marketing Report, June 18, 1979.

39. Statistique Canada, Véhicules automobiles: ventes de carburants (1978), Tableau 5, Publication n° 53-218.

40. Standards Council of Canada - Specifications Board, Gasoline Aviation (Grade 80, 100, 100LL and 115), CAN 2-3.25-77.

41. Statistique Canada, Produits pétroliers raffinés (1977), Publication n° 45-004.

42. Allied Boating Association of Canada, Toronto (Ontario), Canada, novembre 1981.

43. U.S. Environmental Protection Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Third Edition, Parts A and B (Including Supplements 1 to 7), August 1977.

44. Environnement Canada, Bureau régional du Québec, données non publiées.

45. Environnement Canada, Bureau régional de l'Ontario, données non publiées.

46. Greenberg, R.R., et al., Atmospheric Emissions of Elements on Particles from the Parkway Sewage-Sludge Incinerator, Environmental Science & Technology. Vol. 15, Number 1, pp. 64-70, January 1981.

47. U.S. Environmental Protection Agency, Control Techniques for Lead Air Emissions - Volume 1: Chapters 1-3, December 1977.

48. U.S. Environmental Protection Agency, Waste Automotive Lubricating Oil as a Municipal Incinerator Fuel, Table 6, September 1973.

49. U.S. Environmental Protection Agency, Waste Oil Study, Report to Congress, April 1974.

50. U.S. Energy Research & Development Administration, Waste Lubricating Oil Research, Part 4 - A Summary of Composition Variations Among 30 Used Lubricating Oils Selected for Seasonal and Geographical Significance, October 1976.

51. Environmental Associates (P.E.I.) Ltd. An Inventory of Used Lubricating Oil on Prince Edward Island: Sources, Amounts, and Disposal, Charlottetown, P.E.I., September 1978.

52. Acadia Consultants & Inspectors Ltd. Waste Oil Study for the Province of New Brunswick, Moncton (New Brunswick), April 1980.

53. Ontario Ministry of the Environment, Systems of Recovery and Reuse of Used Lubricating Oils: A State of The Art Study, Waste Management Advisory Board, August 1978.

54. Direction des déchets, Direction générale du contrôle des incidences environnementales, Environnement Canada, Ottawa.

55. Direction générale de la production et de l'inspection des aliments, Agriculture Canada, Ottawa, février 1981.

56. CIBA-GEIGY CANADA LTD., Agricultural Division, Mississauga, Ontario, March 1981.

57. American Petroleum Institute, Evaporation Loss From External Floating-Roof Tanks, 2nd Edition, February 1980.

58. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Lead in Gasoline-Canada, Rapport non publié, janvier 1980.

59. Sheppard, W., et al., The Economic Impact of Environmental Regulations on the Petroleum Industry-Phase II Study, Battelle Memorial Institute, Columbus (Ohio), 1976.

60. Dougherty, M.J. et. al., Gasoline Vapor Control at Service Stations. Amer. Inst. Chem. Engr. Symposium Series. Vol. 73, 1977.

BIBLIOGRAPHIE

Environnement Canada, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, Utilisation expérimentale de l'huile usée comme combustible dans la fabrication du ciment, Rapport EPS 4-WP-75-1F, Ottawa, 1979.

Environnement Canada, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, Les huiles, graissage usées au Canada, rapport EPS 3-WP-74-4F, Ottawa, 1979.

Greninger, D., et. al., Lead Chemicals, International Lead Zinc Research Organization, Inc., New York, 1976.

IEA Coal Research, Trace Elements from Coal Combustion-Atmospheric Emissions, London, May 1979.

Illinois Institute for Environmental Quality, Control Technology for Toxic and Hazardous Air Pollutants, December 1974.

International Council of Marine Industry Associations (ICOMIA), Recreation in a Marine Environment (brochure).

National Academy of Sciences, Biologic Effects of Atmospheric Pollutants - Lead: Airborne Lead in Perspective, Washington, D.C., 1972.

National Research Council of Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Lead in the Canadian Environment, Ottawa, 1973.

National Research Council of Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Effects of Lead in the Environment - 1978: Quantitative Aspects, Ottawa, 1979.

Nriagu, J.O. (ed.), Biogeochemistry of Lead in the Environment, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1978.

Ontario Ministry of Health, Effect on Human Health of Lead from the Environment, Toronto, October 1974.

Statistique Canada, Fabricants de verre et d'articles en verre (1978), Publication n° 44-207.

Statistique Canada, Fer et acier primaire (février 1978), Publication n° 41-001.

U.S. Environmental Protection Agency, Coal-Fired Power Plant Trace Element Study, Volume I-A Three Station Comparison, September 1975.

U.S. Environmental Protection Agency, A Survey of Emissions and Controls for Hazardous and Other Pollutants, February 1973.

U.S. Environmental Protection Agency, A Lead Emission Factor for Re-entrained Dust from a Paved Roadway. Office of Air Quality Planning and Standards, April 1978.

POOR

QUALITY

ORIGINAL